

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
2. Oktober 2003 (02.10.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/081773 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H03H 9/64**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00980

(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. März 2003 (25.03.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 13 277.1 25. März 2002 (25.03.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **EPCOS AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669  
München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BAUER, Thomas**  
[DE/DE]; Therese-Giehse-Allee 40, 81739 München  
(DE). **HASHIMOTO, Ken-ya** [JP/JP]; 4-31-1-411  
Futawa-nishi, Funabashi-shi, Chiba 274-0806 (JP).  
**ROESLER, Ulrike** [DE/DE]; Brunnenweg 9, 85435  
Erding (DE). **RUILE, Werner** [DE/DE]; Klarastr. 5a,

80636 München (DE). **MEISTER, Veit** [DE/DE]; Ger-  
hard-Hauptmann-Str. 62, 15345 Kragel (DE). **KUHRAU,**  
**Heide** [DE/DE]; Schlegelstr. 10, 81369 München (DE).  
**JAKOB, Michael** [DE/DE]; Brecherspitzstr. 4, 81541  
München (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATEN-**  
**TANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstrasse 55,  
80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

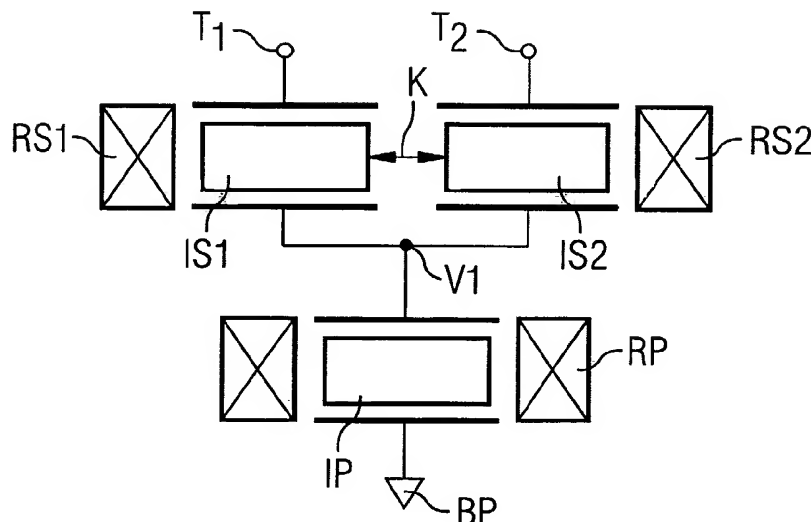
**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: FILTER COMPRISING ACOUSTICALLY COUPLED RESONATORS

(54) Bezeichnung: FILTER MIT AKUSTISCH GEKOPPELTEN RESONATOREN



(57) Abstract: The invention relates to a component, which functions with near-surface acoustic waves, particularly a filter having a novel structure in which interdigital converters that are arranged in serial and parallel branches are acoustically coupled to one another in different configurations. The invention provides a low-loss filter with a simultaneously space-saving arrangement of filter elements.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein mit oberflächennahen akustischen Wellen arbeitendes Bauelement, insbesondere ein Filter mit neuer Struktur vorgeschlagen, bei dem in seriellen und parallelen Zweigen angeordnete Interdigitalwandler in unterschiedlichen Konfigurationen miteinander akustisch gekoppelt sind.

Die Erfindung gibt ein verlustarmes Filter an mit gleichzeitig platzsparender Anordnung der Filterelemente.



WO 03/081773 A1

## Beschreibung

## Filter mit akustisch gekoppelten Resonatoren

- 5 Die Erfindung betrifft ein mit oberflächennahen akustischen Wellen arbeitendes Bauelement, insbesondere ein Filter mit einer Netzwerkstruktur, in die Resonatoren eingebettet sind.

Im Frontend von Endgeräten mobiler Kommunikation,  
10 beispielsweise in Mobiltelefonen, werden als Bandpassfilter im HF-Bereich heute überwiegend SAW-Filter eingesetzt. Diese sind im wesentlichen als Reaktanz- oder DMS-Filter ausgebildet.

- 15 Bekannt sind auch Verschaltungen von DMS-Filtern mit Reaktanzelementen, insbesondere mit in SAW-Technik ausgeführten Eintor-Resonatoren. So ist beispielsweise aus der DE 198 18 038 A ein DMS-Filter bekannt, bei dem zwei seriell oder parallel verschaltete DMS-Filter in Serie ein- oder  
20 ausgangsseitig mit Reaktanzelementen verschaltet sind. Außerdem wird dort vorgeschlagen, beide DMS-Filter innerhalb einer akustischen Spur anzuordnen und zwei benachbarte DMS-Filter durch dazwischenliegende Reflektoren zu trennen.

- 25 Weitere bekannte Filter sind auch Zweitorresonatoren, die wegen ihrer schmalbandigen Übertragungseigenschaften aber nur selten im HF-Bereich angewendet werden können.

- Je nach gewünschtem Eigenschaftsprofil kann eine der  
30 Techniken bevorzugt sein. Beispielsweise werden bei eng benachbarten Frequenzbändern zur Selektion höhere Anforderungen an die Flankensteilheit derjenigen Passbandflanke gestellt, die zum jeweils benachbarten Frequenzband abgrenzt. Unterschiedliche Flanken können unterschiedliche Techniken  
35 bevorzugen. Reaktanzfilter zeichnen sich zusätzlich durch höhere Leistungsfestigkeit aus. Ein gewünschtes anspruchsvolles Eigenschaftsprofil für ein HF-Filter insbesondere für

neue Übertragungstechniken, kann oft mit bekannten "reinen" Techniken nicht mehr realisiert werden. So tritt beispielsweise bei Reaktanzfiltern im Durchlaßbereich ein unerwünschtes "Ripple" auf, das von der endlichen Länge des Serienresonators herrührt. Ebenso ist aufgrund der endlichen Länge der bei Reaktanzfiltern verwendeten Resonatoren die Einfügedämpfung erhöht.

Aus der US 5,486,800 C1 ist es bekannt, mehrere identische Interdigitalwandler einander direkt benachbart innerhalb nur einer akustischen Spur so hintereinander anzuordnen, daß eine akustische Kopplung der Interdigitalwandler erfolgt. Die Interdigitalwandler sind elektrisch in Serie geschaltet, wobei zwischen jeweils zwei Interdigitalwandlern ein gegen Masse geschalteter Parallelzweig abzweigt. In der Art einer Laddertypestruktur ist in jedem Parallelzweig ein weiterer paralleler Interdigitalwandler angeordnet. Auch können mehrere parallele Interdigitalwandler innerhalb einer akustischen Spur angeordnet sein und ebenfalls akustisch gekoppelt sein. Jede Spur mit akustisch gekoppelten Interdigitalwandlern kann beiderseits von je einem akustischen Reflektor begrenzt sein.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, neue Strukturen für mit oberflächennahen akustischen Wellen arbeitende Bauelemente anzugeben, mit denen sich Filter mit weiter verbesserte Eigenschaften erhalten lassen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Bauelement nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung schlägt ein Bauelement mit folgenden Merkmalen vor:

- 35 - auf der Oberfläche eines piezoelektrischen Substrats sind zumindest drei Interdigitalwandler angeordnet, die jeweils mit einem ersten und einem zweiten elektrischen

Anschluß versehen und über diese Anschlüsse elektrisch miteinander verschaltet sind, wobei die Interdigitalwandler ausgewählt sind aus seriellen und parallelen Interdigitalwandlern,

- 5       - in mindestens einem als Signalpfad dienenden seriellen Zweig, der den Eingang und den Ausgang des Bauelements verbindet und in dem alle darin enthaltenen Elemente elektrisch in Serie geschaltet sind, ist zumindest ein serieller Interdigitalwandler angeordnet
- 10       - zumindest ein paralleler Zweig, in dem ein paralleler Interdigitalwandler angeordnet ist, ist parallel dazu gegen ein Bezugspotential geschaltet,
- zumindest einer der seriellen oder parallelen Interdigitalwandler ist mit einem weiteren Interdigitalwandler in Ausbreitungsrichtung der akustischen Welle  
15       hintereinander so angeordnet, daß die beiden Interdigitalwandler akustisch miteinander gekoppelt sind, wobei sich die miteinander koppelnden Wandler durch zumindest eines der folgenden Merkmale voneinander  
20       unterscheiden:
  - a) die Interdigitalwandler weisen unterschiedliche Apertur auf
  - b) die Interdigitalwandler weisen einen unterschiedlichen Pitch auf
  - 25       c) die Interdigitalwandler gehören unterschiedlichen Zweigen des Bauelements an
  - d) von den Interdigitalwandlern ist zumindest einer im seriellen Zweig angeordnet und die Wandler sind elektrisch nicht direkt miteinander verbunden
  - 30       e) die Interdigitalwandler weisen unterschiedliche Anzahl von interdigitalen Elektrodenfingern auf
  - f) die Interdigitalwandler weisen eine unterschiedliche Metallisierungstärke auf
  - g) die Interdigitalwandler sind gewichtet und weisen  
35       eine unterschiedliche Wichtung auf.

Mit der Erfindung wird von der aus der US 5,486,800 bekannten streng regelmäßigen Laddertypestruktur abgewichen und die Symmetrie bewußt gestört, um weitere vorteilhafte Effekte zu erzielen. Während die bekannte Laddertypestruktur einem

5 Wellenparameterdesign gehorcht, beruht ein erfindungsgemäßes Bauelement auf einem Betriebsparameterdesign. Es erlaubt eine völlig neuartige Filterstruktur, die sich neben vielen neuen Eigenschaften vor allem auch durch einen geringeren Platzbedarf (Chipfläche) auszeichnet. In allen Ausführungsbei-

10 spielen entfällt zumindest die regelmäßige Abzweigung von Parallelzweigen und das Erfordernis der jeweils im seriellen oder parallelen Zweig identisch aufgebauten Interdigitalwandler. Damit läßt sich ein Filterverhalten konstruieren, das über beliebig viele Polstellen verfügt, so bei beliebigen

15 Frequenzen Sperrverhalten zeigt und insgesamt doch eine verbesserte Einfügedämpfung aufweist. Letzteres ist darauf zurückzuführen, daß durch die akustische Kopplung der Interdigitalwandler nur wenig Energie im Signalpfad verloren geht, da die aus einem einzelnen Interdigitalwandler austretende

20 akustische Energie an anderer Stelle wieder in das System eingekoppelt werden kann.

Durch den zumindest teilweisen Wegfall der Reflektoren zwischen akustisch gekoppelten Interdigitalwandlern wird die

25 oft überhöhte Leistungsdichte am Übergang zwischen Reflektor und Interdigitalwandler reduziert.

Durch die akustische Kopplung wird die akustische Länge der Interdigitalwandler erhöht und dabei die Randeffekte

30 reduziert, ebenso die damit verbundene Welligkeit.

Bei akustisch gekoppelten Interdigitalwandlern wirkt der benachbarte (gekoppelte) Interdigitalwandler als Reflektor. Damit entfallen die Reflektorverluste, gleichzeitig wird die

35 erforderliche Fläche für das Bauelement reduziert.

Durch die akustische Verkopplung verschiedener nicht im selben Zweig angeordneter Interdigitalwandler reduziert sich der Grad an erforderlicher Kaskadierung im Filter, es können gleichzeitig minimale Anzahl an Elektrodenfingern und eine  
5 kleinstmögliche Apertur eingehalten werden.

Durch die akustische Verkopplung gelingt die Einkopplung gegenphasiger Signale in einen Interdigitalwandler, womit die Stopppbandunterdrückung und/oder die Isolation in kritischen  
10 Frequenzbereichen erhöht wird.

Mit der Erfindung gelingt es, die Leistungsdichte innerhalb in den Elektrodenstrukturen der Interdigitalwandler zu reduzieren und zusätzliche nichtlineare Effekte zu  
15 unterdrücken, die zu unerwünschter Modulation führen.

Die Erfindung schlägt vor, auf der Oberfläche eines piezoelektrischen Substrats angeordnete, elektrisch miteinander verschaltete Interdigitalwandler auch akustisch miteinander  
20 zu verkoppeln. Dazu werden entweder in einem seriellen Zweig, der den Eingang und den Ausgang des Bauelements miteinander verbindet, zumindest zwei serielle Interdigitalwandler elektrisch in Serie geschaltet und akustisch gekoppelt, oder es werden die Interdigitalwandler von zumindest zwei  
25 parallelen Zweigen, zwischen denen ein serieller Zweig liegt, in dem ein oder mehrere Interdigitalwandler angeordnet sind, akustisch gekoppelt. Die akustische Kopplung der Interdigitalwandler geschieht durch eine in-line Anordnung innerhalb einer akustischen Spur. Möglich ist es auch, einen  
30 seriellen und einen parallelen Interdigitalwandler innerhalb einer Spur anzuordnen und akustisch miteinander zu koppeln.

Über diese Kopplung werden neue Eigenschaften des Bauelements realisiert, wobei sich das Maß der Kopplung zwischen den  
35 Interdigitalwandlern variieren und optimieren läßt.

Zwei akustisch miteinander gekoppelte Interdigitalwandler können direkt nebeneinander in einer akustischen Spur angeordnet sein. Die akustische Spur ist dabei vorteilhafterweise beiderseits von je einem Reflektor begrenzt, welcher jeweils ein regelmäßiges Streifenmuster von Reflektorstreifen umfaßt. Die Reflexionswirkung eines Reflektors ist dabei neben dem gewählten Substratmaterial von der Höhe, Breite und insbesondere von der Anzahl der Reflektorstreifen abhängig. Die Frequenzabhängige Reflexion des Reflektors wird durch den Abstand der Reflektorstreifen bestimmt, die sogenannte Fingerperiode, die entsprechend der Fingerperiode des oder der Interdigitalwandler gewählt wird. Die Anzahl der Reflektorstreifen in den Reflektoren ist vorzugsweise so hoch, daß im Durchlaßbereich des insbesondere als Filter ausgebildeten Bauelements nahezu vollständige Reflexion der akustischen Welle am Reflektor erfolgt. Ein beiderseits von Reflektoren begrenzter Interdigitalwandler stellt dann einen Resonator dar. Sind zwei Interdigitalwandler nebeneinander angeordnet und beiderseits von Reflektoren begrenzt, so erhält man einen Zweitorresonator mit zwei elektrischen Toren. In einer Spur kann eine beliebige Anzahl von Interdigitalwandler angeordnet und gekoppelt sein.

Möglich ist jedoch auch, die Interdigitalwandler eines Typs (seriell oder parallel) in unterschiedlichen Spuren anzuordnen. Dabei kann Kopplung parallel in unterschiedlichen Spuren erfolgen. Auf diese Weise ist auch möglich, daß solche Interdigitalwandler miteinander koppeln, die nicht direkt elektrisch miteinander verschaltet sind, beispielsweise zwei serielle Interdigitalwandler, zwischen denen in der Verschaltung zumindest ein weiterer serieller Interdigitalwandler angeordnet ist. Auch können parallele Interdigitalwandler gekoppelt werden, die in nicht direkt benachbarten parallelen Zweigen angeordnet sind. Auch die Verkopplung eines parallelen und eines seriellen Interdigitalwandlers ist möglich.

Möglich ist es jedoch auch, sämtliche Interdigitalwandler eines Typs (seriell oder parallel) akustisch miteinander zu koppeln. Innerhalb eines Typs von Interdigitalwandlern können aber auch gekoppelte und ungekoppelte Interdigitalwandler  
5 nebeneinander vorliegen.

Die Art und Stärke der Kopplung zwischen zwei Interdigitalwandlern kann mittels unterschiedlicher Möglichkeiten beeinflusst werden:

10

- a) Zwischen den koppelnden Interdigitalwandlern können teildurchlässige Reflektoren oder
- b) metallisierte Laufstrecken angeordnet werden.
- c) Die Aperturen der koppelnden Interdigitalwandler werden  
15 unterschiedlich gewählt
- d) An den miteinander koppelnden Interdigitalwandlern fällt eine unterschiedliche Spannung ab.
- e) Zwischen den miteinander koppelnden Interdigitalwandlern wird ein Phasenunterschied eingestellt

20

In einer Ausgestaltung a) wird die akustische Kopplung benachbarter Interdigitalwandler durch akustisch teilweise durchlässige Zwischenreflektoren reduziert. Ein solcher Zwischenreflektor besteht aus einer Anzahl von n  
25 Reflektorstreifen, wobei n so gewählt ist, daß keine vollständige Reflexion erfolgt und eine akustische Kopplung der durch den Zwischenreflektor getrennten Interdigitalwandler möglich ist. Üblicherweise gilt für n:  $0 \leq n \leq 100$ . Mit größer werdendem n wird die akustische Kopplung der durch  
30 den Zwischenreflektor getrennten Interdigitalwandler reduziert. Über eine geeignete Bemessung der Zahl n können damit die Eigenschaften der gekoppelten Interdigitalwandler und damit die Eigenschaften des gesamten Bauelements beeinflusst bzw. eingestellt werden, wobei im Grenzfall  $n = 0$   
35 kein Zwischenreflektor vorgesehen ist und die gekoppelten Interdigitalwandler einander direkt benachbart sind, wobei maximale Kopplung erhalten wird. Wird n von geradzahlig auf



ungeradzahlig geändert, kann darüber hinaus die Phase der Kopplung um  $180^\circ$  variiert werden.

Eine Feinabstimmung der Phase der akustischen Kopplung kann  
5 durch eine Variation des Abstands der Interdigitalwandler untereinander oder zwischen den Interdigitalwandlern und den Reflektoren erfolgen, wobei eine DMS-Filtern ähnliche Struktur erhalten wird. Die Interdigitalwandler werden so gegeneinander verschoben, daß die Phase der akustischen  
10 Kopplung zwischen beiden Interdigitalwandler einen Unterschied  $\Delta\phi$  aufweist mit  $-90^\circ < \Delta\phi < 90^\circ$ . Insbesondere können durch eine Variation des Abstands auch zusätzliche Resonanzen erzeugt werden, die ähnlich wie bei einem DMS Filter zur Formung der Filter-Übertragungsfunktion und der Flanken  
15 herangezogen werden können.

Der freie Abstand zwischen zwei Interdigitalwandlern kann auch mit einer ganz oder teilweise metallisierten Laufstrecke versehen sein, mit der neben der Kopplung die Geschwindigkeit  
20 der Oberflächenwelle beeinflusst oder die Ausbreitung der Oberflächenwelle oberflächennah gehalten werden kann.

Eine Variation der an einem Interdigitalwandler anliegenden Spannung gelingt durch Kaskadierung. Dabei wird ein Inter-  
25 digitalwandler durch eine Serienschaltung von zwei oder allgemein  $m$  Resonatoren ( $m$  größer gleich 2) ersetzt. Bei gleichen Abstand der Stromschienen erhält man so eine Reduzierung der Spannung  $U$  auf einen Wert von  $U/m$ . Zwischenwerte werden erhalten, wenn man die Abstände der  
30 Stromschienen einzelner Interdigitalwandler innerhalb der Kaskadierung variiert. Damit wird die Leistungsdichte innerhalb der Interdigitalwandler reduziert und die akustisch wirksame Fläche erhöht. Eine Reduzierung der Leistungsdichte reduziert die Materialermüdung und das Auftreten von Fehlern  
35 und erhöht damit auch die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer des Bauelements.

Die Kaskadierung kann quer zur Ausbreitungsrichtung der Oberflächenwelle erfolgen, wobei die kaskadierten Interdigitalwandler in verschiedenen akustischen Spuren angeordnet sein können.

5

Die Kaskadierung kann auch durch Serienverschaltung von in-line hintereinander angeordneten Interdigitalwandlern erfolgen.

- 10 Eine Kaskade kann auch ein- oder mehrfach gefaltet sein und so gleichzeitig sowohl nebeneinander in verschiedenen akustischen Spuren als auch hintereinander innerhalb einer akustischen Spur angeordnete Interdigitalwandler umfassen. In-line hintereinander angeordnete Interdigitalwandler
- 15 innerhalb der gleichen oder in unterschiedlichen aber benachbarten Kaskaden können akustisch miteinander gekoppelt sein. Durch die Faltung entstehen u-förmige oder meanderförmige Anordnungen von Interdigitalwandlern.
- 20 Insbesondere bei gefalteten bzw. miteinander gekoppelten Kaskaden können große Spannungsunterschiede zwischen den jeweils endständigen und daher direkt oder nahe benachbarten Elektrodenfingern unterschiedlicher gekoppelter Interdigitalwandler auftreten. Elektrische Überschläge beim Betrieb des Bauelements können vorteilhaft vermieden werden, wenn die direkt
- 25 benachbarten endständigen Elektrodenfinger jeweils an den Stromschienen befestigt werden, die zueinander den geringsten elektrischen Potentialunterschied aufweisen. In Kaskaden quer zur akustischen Spur ist auch möglich, auf einem mittleren
- 30 Potential liegende Elektrodenfinger so zu verlängern, daß sie in der benachbarten Spur eine Abschirmung zwischen den endständigen Elektrodenfingern der dort angeordneten gekoppelten und auf extremerem Potential liegenden Interdigitalwandler ausbilden bzw. einen Übergang mit geringerem
- 35 Potentialunterschied schaffen.

Eine Kaskade kann auch in-line nebeneinander angeordnete Interdigitalwandler umfassen, bei denen ein mittlerer Interdigitalwandler in Serie mit den beiderseits benachbarten äußeren Interdigitalwandlern geschaltet und mit diesen auch  
5 akustisch gekoppelt ist. Die äußeren Interdigitalwandler können mit weiteren in-line angeordneten Interdigitalwandlern kaskadiert und gekoppelt sein.

Um in einer Kaskade die gleiche Impedanz wie bei einem  
10 unkaskadierten Interdigitalwandler zu erhalten, ist für ein als Filter ausgebildetes Bauelement eine Vergrößerung der Fläche der kaskadierten Interdigitalwandler erforderlich. Bei m kaskadierten Interdigitalwandlern ist eine Gesamtfläche  $A_m$  in der Kaskade von  $m^2 A_0$  erforderlich, wobei  $A_0$  der Fläche  
15 eines unkaskadierten Interdigitalwandlers entspricht.

In einer Weiterbildung der Erfindung können die beschriebenen einfachen Ausführungen der Erfindung um beliebige weitere Elemente, insbesondere um zusätzliche Interdigitalwandler,  
20 erweitert werden. Möglich ist es z.B., im seriellen Arm einen kompletten Eintorresonator, also einen beiderseits von Reflektoren begrenzten Interdigitalwandler zu verschalten. Zusätzliche akustisch nicht gekoppelte Interdigitalwandler im seriellen Arm können, müssen aber nicht, in-line zu den  
25 bestehenden seriellen Interdigitalwandlern angeordnet werden.

Jeder Parallelzweig verbindet den seriellen Zweig mit einem Bezugspotential. Dabei ist es möglich, die Zusammenführung mehrerer Parallelzweige auf einer Zwischenstufe vor der end-  
30 gültigen Verbindung mit dem Bezugspotential (Masse) vorzunehmen. Jeder parallele Zweig kann mehrere Interdigitalwandler aufweisen, die beispielsweise untereinander in Serie geschaltet sind. In einem parallelen Zweig können auch Interdigitalwandler parallel zueinander geschaltet werden. Auch  
35 eine beliebige Kaskadierung paralleler Interdigitalwandler ist möglich.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist ein in einem parallelen Arm angeordneter paralleler Interdigitalwandler Teil eines DMS-Filters. Ein solcher ist beispielsweise aus drei Interdigitalwandlern ausgebildet, die zwischen  
5 zwei Reflektoren angeordnet sind. Durch geeignet gewählte Abstände der Interdigitalwandler weist ein solches DMS-Filter zwei Resonanzpole auf. Der parallele Arm ist beispielsweise mit dem mittleren Interdigitalwandler eines DMS-Filters verbunden, welcher in Reihe mit den beiden benachbarten äußeren  
10 Interdigitalwandlern geschaltet ist. Die beiden äußeren Interdigitalwandler werden anschließend über die entgegengesetzte Stromschiene mit Bezugspotential bzw. Masse verbunden.

Möglich ist es auch, DMS-Strukturen im seriellen Zweig  
15 vorzusehen, wobei zwei oder mehr Interdigitalwandler seriell miteinander verbunden sein können. Die üblicherweise für Masseanbindung vorgesehenen Stromschienen können dabei über einen parallelen Arm mit und ohne parallelen Interdigitalwandler mit dem Bezugspotential verbunden sein.

20 Die Interdigitalwandler können mit gleicher Fingerperiode auch so um einen Betrag  $\Delta x$  gegeneinander verschoben werden, daß gilt  $-0,25 < \Delta x/\lambda < 0,25$ , wobei  $\lambda$  die akustische Wellenlänge bei Mittenfrequenz des Bauelements, insbesondere  
25 des Filters ist.

Erfindungsgemäße Bauelemente haben von der elektrischen Verschaltung her eine Reaktanzfiltern ähnliche Struktur, arbeiten aber aufgrund der akustischen Verkopplung der  
30 Interdigitalwandler anders. Dennoch ist es von Vorteil, die von der Fingerperiode abhängigen Resonanzfrequenzen von seriellen und parallelen Interdigitalwandlern gegeneinander zu verschieben. Jeder Interdigitalwandler weist eine Resonanzfrequenz mit minimaler Impedanz (Nullstelle) und eine  
35 Antiresonanzfrequenz mit maximaler Impedanz (Polstelle) auf. Die Antiresonanzfrequenz liegt dabei oberhalb der Resonanzfrequenz. Die Resonanzfrequenz der seriellen Interdigital-

wandler wird so gewählt, daß sie ungefähr bei der Antiresonanzfrequenz der parallelen Interdigitalwandler liegt. Die untere Flanke des Durchlaßbereichs (Passband) wird dann von der Lage des Resonanzfrequenz der parallelen Interdigitalwandler, die obere Flanke des Durchlaßbereichs von der Antiresonanz der seriellen Interdigitalwandler bestimmt. Zur Verbreiterung des Durchlaßbereichs ist es möglich, die Resonanzfrequenz der seriellen Interdigitalwandler oberhalb der Antiresonanzfrequenz der parallelen Interdigitalwandler zu wählen. Der Abstand kann maximal so groß gewählt werden, daß noch eine optimale Durchlässigkeit bei noch tolerierbarem Ripple im Durchlaßbereich gewährleistet ist.

Es können in einem Zweig (seriell oder parallel) die Interdigitalwandler um einen geringen Betrag gegeneinander verstimmt werden. Die Verstimmung sollte dabei vorzugsweise maximal 1 % betragen.

Möglich ist es auch, die Interdigitalwandler in beiden Typen von Zweigen gegeneinander zu verstimmen.

Die elektrischen Verbindungen zwischen den Interdigitalwandlern können als normale Leiterbahnen auf dem piezoelektrischen Substrat ausgebildet werden. Möglich ist es jedoch auch, zumindest einen Teil der elektrischen Verbindungen zwischen den Interdigitalwandlern, zwischen den Interdigitalwandlern und Ein- oder Ausgang oder zwischen den Interdigitalwandlern und dem Bezugspotential als diskrete Elemente zu realisieren. Solchen diskreten Elemente können z.B. Kondensatoren, Verzögerungsleitungen, Widerstände, Induktivitäten, Bonddrähte, Bumps oder andere geeignete Verbindungselemente sein.

Erfindungsgemäß können die Interdigitalwandler, die Reflektoren und die sie in der Verschaltung verbindenden leitfähigen Strukturen als metallische Strukturen ausgebildet sein und aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung oder

Mehrschichtstrukturen bestehen, wobei die Einzelschichten der Mehrschichtstruktur eine oder mehrere Schichten aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung oder weiteren Metallen wie Cu, Zr, Mg, Ti oder Sc umfassen. Über den metallischen  
5 Strukturen können Passivierungsschichten aus chemisch inerten und insbesondere harten Materialien wie Oxiden, Nitriden, Carbiden und ähnlichen Metallverbindungen vorgesehen sein.

Die Schichtdicken  $h$  der metallischen Strukturen werden  
10 vorzugsweise im Bereich von  $1\% < h/\lambda < 15\%$  ausgewählt.

Eine weitere Variation erfindungsgemäßer Bauelemente besteht darin, die Fingerperiode einzelner Interdigitalwandler über deren Länge gesehen zu variieren. Ebenso kann innerhalb eines  
15 Interdigitalwandlers das Metallisierungsverhältnis, also das Verhältnis von Fingerbreite zu Fingerperiode über die Länge des Wandlers variiert werden. Die Variation sowohl des Metallisierungsverhältnisses als auch der Fingerperiode erfolgt vorzugsweise gemäß einer stetigen Funktion, so daß  
20 die konkreten Werte für Metallisierungsverhältnis oder Fingerperiode den konkreten Werten einer periodisch abgetasteten stetigen Funktion entsprechen. Eine solche Funktion kann linear sein, so daß die entsprechenden Werte über die Länge des Wandlers ansteigen. Möglich ist es jedoch  
25 auch, die Variation gemäß beliebiger anderer Funktionen vorzunehmen. Vorzugsweise erfolgt die Variation gemäß Funktionen, die im Inneren des Wandlers ein Maximum oder ein Minimum aufweisen. Bei der Variation von Fingerperiode und/oder Metallisierungsverhältnis schwankt die jeweilige  
30 Größe innerhalb eines Interdigitalwandlers oder Reflektors maximal ca. 3% um den jeweiligen Mittelwert.

Von Vorteil ist auch ein Bauelement, bei dem die Position der transversalen Gaps in einem Typ von Interdigitalwandlern,  
35 ausgewählt aus seriell und parallel Interdigitalwandlern über die Länge des Interdigitalwandlers gesehen variiert. Unter transversalem Gap wird dabei der Abstand der Enden der

Elektrodenfinger in einem Interdigitalwandler von der gegenüberliegenden Stromschiene verstanden. Für die Höhe  $g$  der transversalen Gaps kann dabei gelten:  $g \leq \lambda/4$ .

- 5 Auch die Größe der Gaps kann bei zumindest einem der Interdigitalwandler über die Länge des Interdigitalwandlers gesehen variiert werden.

10 Unabhängig von Fingerperiode, Fingerabstand, Fingerbreite und Metallisierungsverhältnis in den Interdigitalwandlern und Reflektoren wird in vorteilhafter Weise der Übergang zwischen jeweils zwei innerhalb einer akustischen Spur benachbarten Elementen, ausgewählt aus Interdigitalwandler und Reflektor, quasiperiodisch gestaltet, wie es beispielsweise in der  
15 internationalen Anmeldung WO0025423 beschrieben ist, auf die hier vollinhaltlich Bezug genommen wird.

Sowohl bei konstantem als auch bei variierendem Metallisierungsverhältnis ist dieses vorzugsweise größer als 0,5 und  
20 besonders bevorzugt größer 0,6.

Für die elektrischen Verbindungen zwischen den Elementen auf dem Substrat, insbesondere zwischen den Interdigitalwandlern gilt, daß sie vorzugsweise zumindest die gleiche Schichtdicke  
25 aufweisen wie die Elemente. Vorzugsweise sind diese Verbindungen als Metallflächen und insbesondere mit größerer Schichtdicke ausgebildet als die Interdigitalwandler.

Bei einem erfindungsgemäßen Bauelement kann im seriellen  
30 Zweig eine DMS Struktur angeordnet sein, die mit mindestens einem seriellen Interdigitalwandler akustisch gekoppelt ist.

Bei einem erfindungsgemäßen Bauelement können alle seriellen Interdigitalwandler in einer gemeinsamen seriellen Spur und  
35 alle parallelen Interdigitalwandler in einer gemeinsamen parallelen Spur angeordnet sein. Dann kann in einfacher Weise die Apertur der parallelen Spur größer gewählt werden

als die der seriellen Spur. Vorzugsweise beträgt die Apertur der seriellen Spur zumindest  $15\lambda$ , wobei  $\lambda$  die akustische Wellenlänge bei Mittenfrequenz des Bauelements ist.

- 5 Ein erfindungsgemäßer Interdigitalwandler kann als Normalfingerwandler mit alternierender Anschlußfolge der Elektrodenfinger ausgebildet sein. Möglich ist es jedoch auch, die Anschlußfolge der Elektrodenfinger, also die Folge, mit der die Elektrodenfinger mit den entsprechend gepolten Strom-
- 10 schienen verbunden werden, anders zu gestalten. Werden in einem Wandler Elektrodenfinger im Anschluß vertauscht, also mit der gegenüberliegenden Stromschiene verbunden, so spricht man von Weglaßwichtung. Nicht-alternierende Anschlußfolgen können auch durch rekursive Wandler realisiert sein. In
- 15 solchen beispielsweise als SPUDT-Wandler ausgebildeten Wandlern können auch die Fingerbreiten unterschiedlich sein, um eine Reflektivität einzustellen, die mit der Phase der Anregung in vorteilhafter Weise zusammenwirkt.
- 20 Erfindungsgemäß können auch die Elektrodenfinger der Interdigitalwandler unterschiedlich lang gewählt werden. In einem solchen Fall erhält man eine variierende Überlappung unterschiedlich gepolter Elektrodenfinger, eine Überlappwichtung. Da die jeweilige Überlappung entgegengesetzt gepolter Elektrodenfinger ein Maß für die Anregung akustischer Wellen
- 25 durch das zwischen den beiden Fingern anliegende Feld ist, kann mit einer solchen Überlappwichtung die Anregung über den Wandler verteilt werden. Dies ist auch mit einer Weglaßwichtung möglich. Weitere Variationsmöglichkeiten der Inter-
- 30 digitalwandler ergeben sich auch durch Positionswichtung, also durch Verschieben von Elektrodenfingern oder Elektrodenfingergruppen, die dann nicht mehr streng an dem durch die Fingerperiode vorgegebenen Raster ausgerichtet sind und dadurch sowohl in der Reflexionswirkung als auch in der
- 35 Anregungsstärke variiert werden.



Ein erfindungsgemäßes Bauelement mit Reaktanzfilterstruktur kann mit allen oberflächennahen akustischen Wellen arbeiten. Welcher Typ von akustischer Welle bevorzugt angeregt wird, ist insbesondere von Material und Schnittwinkel des gewählten  
5 piezoelektrischen Substrats abhängig, welches auch einen piezoelektrischen Film, der auf einem geeigneten Träger-substrat aufgebracht ist, umfassen kann.

Das piezoelektrische Substrat kann eines der Materialien  
10  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$ , Quarz, Langasit (LGS), Langatit (LGT),  $\text{GaBO}_4$ ,  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , Langanit (LGN),  $\text{KNbO}_3$  oder GaAs umfassen.

Ist das Substrat ein piezoelektrischer Film auf einem Träger, so ist der piezoelektrische Film vorzugsweise aus einem der  
15 Materialien  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$ , AlN, ZnO oder GaAs ausgebildet.

Der Wellentyp kann auch von der Betriebsfrequenz des Bauelements abhängig sein. Als oberflächennahe akustische Wellen sind insbesondere die genannten akustischen Oberflächenwellen  
20 (SAW), Rayleigh-Wellen, Scherwellen, Leckwellen, BGS-Wellen (Bleustein Gulyaev Shimizu Wellen) oder HVP-SAW (high velocity pseudo surface acoustic waves) geeignet. Für alle diese Wellentypen sind prinzipiell die gleichen Elektrodenstrukturen bzw. anregenden Interdigitalwandler geeignet.

25 Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen 19 Figuren näher erläutert. Die Figuren sind nur schematisch ausgeführt und daher nicht maßstabsgetreu. Gleiche oder gleichwirkende Teile  
30 sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Figur 1 zeigt eine Anordnung mit zwei seriellen koppelnden Interdigitalwandlern

35 Figur 2 zeigt eine Anordnung mit drei akustisch gekoppelten seriellen Interdigitalwandlern

- Figur 3 zeigt eine Anordnung mit zwei akustisch gekoppelten parallelen Interdigitalwandlern
- Figur 4 zeigt zwei gekoppelte Kaskaden von Interdigitalwandlern
- Figur 5 zeigt drei akustisch gekoppelten Kaskaden von Interdigitalwandlern
- Figur 6 zeigt die Kopplung einer Kaskade mit einem einzelnen Interdigitalwandler
- Figur 7 zeigt die akustische Kopplung von zwei Kaskaden serieller Interdigitalwandler mit einer Kaskade paralleler Interdigitalwandler
- Figur 8 zeigt die Kopplung von in unterschiedlichen Kreisen eines Bauelements angeordneten Interdigitalwandlern
- Figur 9 zeigt eine Ausführung, bei der die Interdigitalwandler zweier unterschiedlicher Kreise akustisch gekoppelt sind
- Figur 10 zeigt die akustische Kopplung zweier Interdigitalwandler mit unterschiedlicher Apertur
- Figur 11 zeigt eine ähnliche Kopplung, wobei die Interdigitalwandler in unterschiedlichen Zweigen eines Bauelements angeordnet sind
- Figur 12 zeigt eine weitere Variation, bei der zwei Kaskaden mit unterschiedlichen Aperturen in unterschiedlichen Zweigen akustisch miteinander gekoppelt sind
- Figur 13 zeigt verschiedene Übergänge akustisch miteinander gekoppelter Interdigitalwandler

- Figur 14 zeigt zwei gekoppelte Interdigitalwandler mit nichtanregenden Elektrodenfingern zwischen den Wandlern
- 5 Figur 15 zeigt zwei akustisch gekoppelte Interdigitalwandler mit einem floatenden Reflektor dazwischen
- Figur 16 zeigt zwei gekoppelte Kaskaden mit floatendem Reflektor zwischen koppelnden Interdigitalwandlern
- 10 Figur 17 zeigt zwei Kaskaden gekoppelter Interdigitalwandler mit einer koppelnden Reflektorstruktur dazwischen
- Figur 18 zeigt zwei Kaskaden akustisch miteinander gekoppelter Interdigitalwandler mit zwei nichtanregenden Elektrodenfingern dazwischen
- 15 Figur 19 zeigt verschiedene Möglichkeiten der Kaskadierung bei insgesamt gleichbleibender Anregung
- 20 Figur 20 zeigt eine Anordnung, bei der jeweils serielle und/oder parallel Interdigitalwandler akustisch gekoppelt sind
- 25 Figur 21 zeigt die gleiche Anordnung, allerdings mit kaskadierten Interdigitalwandlern
- Figur 1 zeigt ein erstes erfindungsgemäßes mit oberflächen-nahen akustischen Wellen arbeitendes Bauelement, bei dem
- 30 zwischen einem ersten Anschluß T1 und einem zweiten elektrischen Anschluß T2 ein erster serieller Interdigitalwandler IS1 und ein zweiter serieller Interdigitalwandler IS2 in Serie geschaltet sind. Die beiden Interdigitalwandler sind in Ausbreitungsrichtung in-line hintereinander angeordnet und so
- 35 nahe beieinander, daß sie akustisch miteinander koppeln können. Die akustische Spur mit den seriellen Interdigitalwandlern IS1, IS2 ist beiderseits von je einem Reflektor RS1,

RS2 begrenzt. Zwischen einem Verzweigungspunkt V1, der in der Schaltung zwischen den beiden seriellen Interdigitalwandlern gelegen ist, und einem Bezugspotential BP ist ein beiderseits von je einem Reflektor RP begrenzter paralleler Interdigitalwandler IP angeordnet. Damit ist im parallelen Zweig ein Eintonresonator ausgebildet, während die beiden seriellen Interdigitalwandler mit samt ihren Reflektoren einen Zweitonresonator ausbilden. Im Gegensatz zu bekannten Anordnungen mit akustisch gekoppelten Interdigitalwandlern sind hier die beiden akustisch miteinander koppelnden Interdigitalwandler IS nicht identisch. Sie weisen entweder eine unterschiedliche Apertur, einen unterschiedlichen Pitch (Fingerperiode), eine unterschiedliche Anzahl von Elektrodenfingern, eine unterschiedliche Metallisierungsstärke oder eine unterschiedliche Wichtung auf.

Figur 2 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, die in Abwandlung von Figur 1 einen dritten seriellen Interdigitalwandler IS3 aufweist, der in-line mit den beiden anderen seriellen Interdigitalwandlern IS1 und IS2 angeordnet und mit diesen akustisch gekoppelt ist. Auch hier ist zwischen einer Verzweigungsstelle V1 und dem Bezugspotential ein paralleler Zweig mit einem Interdigitalwandler IP geschaltet. Im Unterschied zu bekannten Anordnungen ist hier die Symmetrie der Abzweigschaltung gestört, die Interdigitalwandler IS2 und IS3 sind seriell kaskadiert, ohne daß zwischen den beiden ein Verzweigungspunkt zur Abzweigung eines parallelen Zweigs vorgesehen ist.

Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der in einem seriellen Zweig zwischen einem ersten und einem zweiten Anschluß T1, T2 zwei serielle Interdigitalwandler IS1, IS2 angeordnet sind. Jeder der Interdigitalwandler ist von je zwei Reflektoren begrenzt, so daß keine Kopplung zwischen den beiden Interdigitalwandlern IS auftreten kann. Von einem ersten und einem zweiten Verzweigungspunkt V1, V2 des seriellen Zweigs ist je ein paralleler Zweig gegen ein

Bezugspotential geschaltet. In einem ersten parallelen Zweig ist ein paralleler Interdigitalwandler IP1, in einem zweiten parallelen Zweig ein zweiter paralleler Interdigitalwandler IP2 angeordnet. Die beiden parallelen Interdigitalwandler  
5 sind akustisch gekoppelt, was in der Figur durch den Doppelpfeil K angedeutet ist. Eine Kopplung kann erfolgen, wenn die beiden parallelen Interdigitalwandler IP zumindest teilweise in der selben akustischen Spur angeordnet sind.

10 Figur 4 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung, bei der vier Interdigitalwandler IS1 bis IS4 zwischen einem ersten und einem zweiten Anschluß T1, T2 in Serie geschaltet sind. Je zwei der Interdigitalwandler sind kaskadiert, so daß insgesamt eine gefaltete Viererkaskade serieller Interdigital-  
15 wandler IS erhalten wird. Die beiden (Teil-)Kaskaden, umfassend die Interdigitalwandler IS1 und IS2 beziehungsweise IS3 und IS4 sind durch die U-förmige Faltung des seriellen Zweigs bzw. allgemein des Zweigs der Verschaltung räumlich so benachbart, daß eine akustische Kopplung zwischen jeweils  
20 zwei in unterschiedlichen Kaskaden angeordneten seriellen Interdigitalwandlern auftreten kann, insbesondere eine Kopplung zwischen IS1 und IS4 beziehungsweise zwischen IS2 und IS3. Der serielle Zweig ist am Schaltungspunkt P1 gefaltet, wobei an dieser Stelle ein paralleler Zweig  
25 abzweigt werden kann. Auf beiden Seiten ist die Anordnung von Reflektoren begrenzt, so daß sich zwischen den beiden Reflektoren innerhalb jeder Spur ein Resonanzraum eröffnet.

Figur 5 zeigt eine weitere Anordnung kaskadierter Inter-  
30 digitalwandler. Zwischen einem ersten Anschluß T1 und einem Verzweigungspunkt V1 sind zwei serielle Interdigitalwandler IS1, IS2 in Serie geschaltet und quer zur Ausbreitungsrichtung der akustischen Welle nebeneinander angeordnet. Zwischen dem Verzweigungspunkt V1 und dem zweiten äußeren  
35 Anschluß T2 sind zwei Kaskaden aus je zwei Interdigitalwandlern parallel geschaltet. Eine erste Kaskade umfaßt die Interdigitalwandler IS3 und IS4, die zweite parallel dazu

geschaltete Kaskade die Interdigitalwandler IS3' und IS4'. Die Kaskaden sind relativ zueinander so angeordnet, daß in insgesamt zwei akustischen Spuren aus beiden Kaskade je ein Interdigitalwandler angeordnet ist und daß innerhalb einer  
5 Spur zwischen den drei dort angeordneten Interdigitalwandlern akustische Kopplung auftritt.

Figur 6 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der ein erster serieller Interdigitalwandler IS1 im seriellen  
10 Zweig in Serie mit einer Kaskade aus einem zweiten und einem dritten seriellen Interdigitalwandler IS2, IS3 geschaltet ist. Die Schaltung ist an einem Punkt P1 gefaltet, so daß die Kaskade in-line mit dem ersten Interdigitalwandler IS1  
15 angeordnet ist, dessen Apertur der Summe der Aperturen des zweiten und dritten Interdigitalwandlers IS2, IS3 entspricht. Damit ist der erste Interdigitalwandler IS1 sowohl mit dem zweiten als auch mit dem dritten Interdigitalwandler  
akustisch gekoppelt. Auf beiden Seiten wird die Anordnung von Reflektoren begrenzt.

20

Figur 7 zeigt eine weitere Anordnung, bei der zwischen einem ersten und einem zweiten Anschluß T1, T2 vier serielle Interdigitalwandler IS1 bis IS4 in einer einmal gefalteten Kaskade so angeordnet sind, daß je zwei der Interdigital-  
25 wandler miteinander akustisch gekoppelt sind. Von einem nahe dem zweiten Anschluß T2 gelegenen Verzweigungspunkt V1 ist ein paralleler Zweig gegen ein Bezugspotential geschaltet, in dem ein weitere Kaskade aus zwei parallelen Interdigitalwandlern IP2, IP2 angeordnet ist. Die räumliche Anordnung des  
30 Parallelzweigs ist so, daß je einer parallelen Interdigitalwandler mit je einem seriellen Interdigitalwandler einer benachbarten seriellen Kaskade akustisch gekoppelt ist.

Figur 8 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der eine akustische Kopplung zwischen Interdigitalwandlern  
35 stattfindet, die in voneinander getrennten in Kreisen angeordnet sind. Solche getrennte Kreise, die innerhalb eines

Bauelements angeordnet sind, können beispielsweise Interdigitalwandler beziehungsweise Interdigitalwandler umfassende Resonatoren sein, die Teil einer Filterschaltung sind und in einem RX-Zweig oder einem TX-Zweig eines drahtloses Kommunikationsgeräts angeordnet sind. In der Figur ist eine akustische Kopplung zwischen einem seriellen Interdigitalwandler IS1 eines ersten Zweigs und einen parallelen Interdigitalwandler, der im parallelen Zweig eines zweiten Schaltungskreises angeordnet ist. Möglich ist es auch, wie beispielsweise in Figur 9 dargestellt, zwei getrennte Schaltkreise so im Bauelement anzuordnen, daß es zu einer akustischen Kopplung zwischen zwei seriellen Interdigitalwandlern IS1, IS1' kommt, wobei die beiden Interdigitalwandler in den getrennten Schaltkreisen und dort jeweils im seriellen Zweig angeordnet sind. Möglich sind auch Anordnungen (in der Figur nicht dargestellt), bei denen in getrennten Schaltkreisen angeordnete Parallelzweige beziehungsweise die darin vorgesehenen parallelen Interdigitalwandler miteinander gekoppelt sind. Die Interdigitalwandler des jeweils anderen Zweigs sind nicht gekoppelt.

Figur 10 zeigt eine weitere Möglichkeit, zwei voneinander getrennte Kreise, die hier zwischen einem ersten und einem zweiten Anschluß T1 und T2 beziehungsweise zwischen T1' und T2' geschaltet sind, in räumlicher Nähe so zueinander anzuordnen, daß in den Schaltkreisen vorgesehene Interdigitalwandler I1 und I1' (seriell oder parallel) akustisch miteinander koppeln. Durch die unterschiedliche Apertur der beiden koppelnden Interdigitalwandlern erfolgt nur eine teilweise Kopplung, wobei die Spur beziehungsweise die Teilspuren beiderseits von zumindest einem Reflektor begrenzt sind. Kopplungen zwischen Interdigitalwandlern unterschiedlicher Schaltkreise können auch zwischen Interdigitalwandlern erfolgen, die in unterschiedlichen Zweigen, beispielsweise im seriellen und parallelen Zweig angeordnet sind.

Figur 11 zeigt eine Anordnung, bei der in einem seriellen  
Zweig zwischen ersten und zweiten Anschluß T1, T2 eine  
Kaskade zweier Interdigitalwandler IS1, IS2 geschaltet ist.  
Zwischen einem Verzweigungspunkt V1 und dem Bezugspotential  
5 ist ein paralleler Interdigitalwandler mit doppelter Apertur  
so geschaltet, daß er akustisch sowohl mit erstem als auch  
mit zweitem Interdigitalwandlern IS1, IS2 akustisch koppelt.

Figur 12 zeigt eine ähnliche Ausführung, bei der die Apertur  
10 der innerhalb einer Zweierkaskade im parallelen Zweig  
angeordneten parallelen Interdigitalwandler IP1 und IP2 ein  
nicht ganzzahliges Vielfaches der Apertur der seriellen  
Interdigitalwandler aufweist, die als Dreierkaskade im  
seriellen Zweig angeordnet sind. Serielle und parallele  
15 Kaskade sind so nebeneinander angeordnet, daß eine akustische  
Kopplung zwischen erstem parallelen einerseits und ersten und  
zweiten seriellen Interdigitalwandler andererseits erfolgt,  
sowie eine akustische Kopplung zwischen dem zweiten  
parallelen Interdigitalwandler IP2 einerseits und dem zweiten  
20 und dem dritten seriellen Interdigitalwandler andererseits.

Während in den bisherigen Figuren die Interdigitalwandler nur  
schematisch durch Kästchen angedeutet wurden, die in Wirk-  
lichkeit aber von zwei Seiten kammartig ineinander greifende  
25 Elektrodenkämme darstellen, die mit unterschiedlichen Strom-  
schienen verbunden sind. Die Anordnung der Elektrodenfinger  
innerhalb eines solchen Wandlers kann alternierend regelmäßig  
sein, so daß abwechselnd von je einer Stromschiene ein Finger  
abgeht und alle Elektrodenfinger gleichmäßig miteinander  
30 überlappen. Möglich sind jedoch auch Interdigitalwandler, die  
eine unregelmäßige Fingerfolge aufweisen oder eine unter-  
schiedliche Überlappungslänge besitzen. Variiert die Über-  
lappungslänge von unterschiedlichen Elektrodenbahnen aus-  
gehender Elektrodenfinger, so spricht man von einer Wichtung.

35

Was die räumliche Anordnung zweier akustisch gekoppelter  
Interdigitalwandler relativ zueinander betrifft, so muß diese



so sein, daß eine akustische Kopplung auftreten kann. Dies ist immer dann der Fall, wenn sich der zweite Interdigitalwandler I2 innerhalb der akustischen Spur des ersten Interdigitalwandlers I1 befindet oder zumindest teilweise innerhalb der akustischen Spur angeordnet ist. Die räumliche Entfernung muß so gering sein, daß im ersten Interdigitalwandler I1 erzeugte akustischen Wellen in den zweiten Wandler gelangen und dort einkoppeln können, ohne daß vorher deren Energie verloren gegangen ist.

10

Figur 13 zeigt unterschiedliche Möglichkeiten, zwei akustisch gekoppelte Interdigitalwandler I1, I2 relativ zueinander anzuordnen. In Figur 13a sind die beiden Interdigitalwandler I1, I2 so eng nebeneinander angeordnet, daß die benachbarten jeweils endständigen Elektrodenfinger einen Abstand aufweisen, der dem Abstand der Elektrodenfinger innerhalb jedes der beiden Wandler E1, E2 entspricht. In Abhängigkeit von der Polarität der Stromschienen innerhalb der beiden Interdigitalwandler I1, I2 stellt sich auf diese Weise  
20 entweder ein Phasenunterschied von 0 oder 180° ein.

Figur 13b zeigt akustisch gekoppelte Interdigitalwandler I1, I2, deren endständige zueinander weisende Elektrodenfinger um einen Betrag voneinander entfernt sind, der über den Abstand der Elektrodenfinger innerhalb jedes der Wandler hinaus geht. Zwischen den beiden Wandlern kann die Substratoberfläche dabei unbelegt und frei sein, wie in der Figur 13b unten dargestellt ist. Möglich ist es jedoch auch, die Substratoberfläche zwischen den beiden akustisch gekoppelten Interdigitalwandlern durch eine Metallisierung zu belegen, beispielsweise wie in der Figur 13b, oben dargestellt. Der Abstand zwischen beiden Interdigitalwandler kann beliebig sein, daß jeder gewünschte Phasenunterschied zwischen den beiden Interdigitalwandlern eingestellt werden kann.

35

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, wie in Figur 13c gezeigt, den Abstand zwischen zwei akustisch miteinander

gekoppelten Interdigitalwandlern I1, I2 mit reflektierenden Strukturen R oder R' auszufüllen. Die reflektierenden Strukturen können in vorgegebenem Abstand angeordnete Reflektorstreifen sein, wie in Figur 13c oben angedeutet.

5 Möglich ist es jedoch auch, ein kurzgeschlossenes Reflektorgitter R' zwischen den beiden miteinander koppelnden Interdigitalwandlern vorzusehen. In jedem Fall ist die Reflexionswirkung und daher insbesondere die Anzahl der Reflektorstreifen so bemessen, daß keine vollständige Reflexion  
10 auftritt, so daß der Reflektor R, R' für die akustischen Wellen teildurchlässig ist. Über die Reflexionswirkung läßt sich das Ausmaß der akustischen Kopplung zwischen den beiden Interdigitalwandlern einstellen. Die Anzahl der Reflektorstreifen kann zwischen 1 und 100 gewählt werden.

15 Figur 14 zeigt einen weiteren Aspekt der Erfindung, der die genaue Ausgestaltung am Übergang zwischen zwei akustisch miteinander gekoppelten Interdigitalwandlern betrifft. Je nach Verschaltung und Anordnung der Interdigitalwandler kann  
20 zwischen benachbarten Elektrodenfingern unterschiedlicher Interdigitalwandler ein Potentialunterschied auftreten, der wesentlich größer ist als der Potentialunterschied, der zwischen den unterschiedlichen Elektrodenfingern innerhalb eines Wandlers normalerweise auftritt. Zu große Potential-  
25 unterschiede können jedoch beim Betrieb eines Interdigitalwandlers, bei dem an einen oder beide der äußeren Anschlüsse ein Hochfrequenzsignal angelegt wird, zu einem elektrischen Überschlag führen, der zumindest den Betrieb des Wandlers beeinträchtigt und oft auch zu einer Beschädigung oder gar  
30 Zerstörung des Bauelements führen kann. In erfindungsgemäßer Weiterentwicklung wird der Übergang zwischen akustisch gekoppelten Interdigitalwandlern so gestaltet, daß der Potentialunterschied zwischen benachbarten Elektrodenstrukturen minimiert wird. Figur 14 zeigt eine Anordnung  
35 zweier in-line angeordneter seriell miteinander verschalteter und akustisch gekoppelter Interdigitalwandler I1, I2, bei der die endständigen Finger beider Interdigitalwandler an der

gleichen Stromschiene befestigt sind, und zwar an der Stromschiene mit mittlerem Potential. Damit herrscht zwischen den beiden endständigen Elektrodenfingern kein Potentialunterschied, zwischen den endständigen und den benachbarten  
5 Elektrodenfingern innerhalb eines Wandlers herrscht der normale Potentialunterschied. Unterhalb des Wandler ist in dieser und anderen Figuren der Potentialverlauf beim Betrieb des Wandlers durch entsprechende Sinuskurven angedeutet. Klar ist, daß zwischen den beiden Wandlern an der mit dem Pfeil  
10 angedeuteten Stelle kein Potentialunterschied auftritt.

In Figur 15 ist zwischen den beiden akustisch miteinander gekoppelten und elektrisch in Serie geschalteten Interdigitalwandlern I1, I2 ein floatender Reflektor R angeordnet.  
15 Auf diese Weise beträgt der Potentialunterschied zwischen den endständigen Elektrodenfingern in den beiden Interdigitalwandlern I1, I2 und dem Reflektor R maximal die Hälfte des Wertes, der zwischen den beiden endständigen Elektrodenfingern unterschiedlicher Interdigitalwandler auftreten kann.  
20 Auch so ist die Wahrscheinlichkeit eines elektrischen Überschlags zwischen den Elektrodenstrukturen unterschiedlichen Potentials vermindert.

Figur 16 zeigt zwei in Serie geschaltete Kaskaden aus je zwei  
25 Interdigitalwandlern, die U-förmig so angeordnet sind, daß jeweils zwei Interdigitalwandler aus unterschiedlichen Kaskaden akustisch miteinander koppeln. Durch die Kaskadierung können an elektrisch nicht miteinander verbundenen Elektrodenstrukturen insgesamt fünf unterschiedliche  
30 Potentiale auftreten, die zwischen den extremen Potentialen zu einem hohen Potentialunterschied benachbarter Strukturen führen könnten. Erfindungsgemäß wird dies in der erfindungsgemäßen Ausführung nach Figur 16 verhindert, indem zwischen den beiden Kaskaden pro Spur floatende Reflektorstrukturen R  
35 angeordnet sind. Die der Reflektorstruktur benachbarten Elektrodenstrukturen sind außerdem nicht auf maximalem

Potential, so daß auch auf diese Weise der Potentialunterschied vermindert wird.

- Figur 17 zeigt eine ähnliche Kaskade wie Figur 16 mit dem Unterschied, daß die reflektierenden Strukturen zwischen akustisch miteinander koppelnden und in unterschiedlichen Spuren angeordneten Interdigitalwandlern elektrisch leitend miteinander verbunden sind. Auf diese Weise wird eine kapazitive Kopplung zwischen unterschiedlichen Interdigitalwandlern erzielt, beispielsweise über die elektrische Verbindung zwischen dem unteren Interdigitalwandler der ersten Kaskade und dem in der anderen Spur angeordneten oberen Interdigitalwandler IS4 der zweiten Kaskade.
- Figur 18 zeigt eine weitere Möglichkeit, den Potentialunterschied innerhalb gefalteter Kaskaden zwischen endständigen Elektrodenstrukturen zu vermindern. Zwei Zweierkaskaden sind über die unterste Stromschiene elektrisch in Serie geschaltet. Dadurch liegt die unterste Stromschiene auf einem mittleren Potential, beispielsweise auf elektrisch neutralem Potential. Zur besseren Abstufung der Potentialunterschiede sind zwei endständige Elektrodenfinger mit der unteren, auf mittlerem Potential liegenden Stromschiene verbunden und so verlängert, daß sie in der unteren Spur als anregende Elektrodenfinger, in der oberen Spur dagegen als gegenphasig anregend wirken können.

- Figur 19 zeigt verschiedene Möglichkeiten, wie ein einzelner Interdigitalwandler durch eine Kaskade mehrerer Interdigitalwandler ersetzt werden kann. Da sich durch die Kaskadierung die zwischen den Anschlüssen T1, T2 anliegende Spannung auf die einzelnen kaskadierten Wandler aufteilt, verringert sich im einzelnen Interdigitalwandler die Anregungsstärke. Um den in Figur 19a dargestellten nichtkaskadierten einzelnen Interdigitalwandler einer gegebenen Grundfläche durch eine Dreierkaskade wie in Figur 19b zu ersetzen, ist eine Erhöhung der addierten Grundfläche (Resonatorfläche) aller Inter-

digitalwandler (Resonatorfläche) um den Faktor  $n^2$  erforderlich, wobei  $n$  die Anzahl der Kaskadenstufen darstellt (in der Figur:  $n = 3$ ). Eine Dreierkaskade gemäß Figur 19b weist die gleiche Impedanz auf wie der einzelne Interdigitalwandler in  
5 Figur 19a, der nur ein Neuntel der Grundfläche benötigt.

Figur 19c zeigt die mögliche Ausführung einer dreifachen Kaskadierung von Interdigitalwandlern, die ebenfalls eine nahezu gleiche Impedanz wie der einzelne Interdigitalwandler  
10 in Figur 19a aufweist. Sämtliche kaskadierte Wandler sind in-line innerhalb einer akustischen Spur angeordnet. Ein erster Interdigitalwandler I1 (seriell oder parallel) ist in Serie mit zweiten Interdigitalwandler I2, I2' und dritten Interdigitalwandler I3, I3' geschaltet. Der erste Interdigital-  
15 wandler I1 stellt dabei den mittleren Interdigitalwandler dar, so daß die beiden benachbarten äußeren Interdigitalwandler I2 und I2' parallel zueinander aber in Serie zum ersten Interdigitalwandlern I1 geschaltet sind. Ebenso sind die dritten Interdigitalwandler I3, I3' zueinander parallel,  
20 jedoch in Serie zu I1. Die erforderliche auf das Neunfache erhöhte Grundfläche dieser kaskadierten Anordnung ist hier bei gleichbleibender Apertur auf eine akustische Spur verteilt. Möglich ist es jedoch auch, die Aperturen innerhalb der Kaskade zu verändern und so in horizontaler und verti-  
25 kaler Richtung eine Vergrößerung oder Verkleinerung der geometrischen Ausdehnung der Kaskade zu erzielen.

Figur 19d zeigt eine solche Anordnung, die von der Verschaltung her der Anordnung nach Figur 19c entspricht, die jedoch  
30 innerhalb der Ausbreitungsrichtung der akustischen Welle eine wesentlich geringere Ausdehnung aufweist.

Figur 20 zeigt vier in-line in einem seriellen Zweig zwischen einem ersten und einem zweiten Anschluss verschaltete  
35 serielle Interdigitalwandler IS1 bis IS4. Parallel dazu sind vier parallele Zweige mit je einem parallelen Interdigitalwandler IP1, IP2, IP3, IP4 geschaltet. Serielle und parallele

Interdigitalwandler sind jeweils in einer gemeinsamen Spur zwischen zwei die Spur begrenzenden Reflektoren RS, RP angeordnet und untereinander akustisch gekoppelt.

5 Figur 21 zeigt eine dem entsprechende Anordnung, bei der aber jeder der seriellen und parallelen Interdigitalwandler IS, IP durch eine zweifache Kaskade von quer zur Ausbreitungs-  
richtung der akustischen Welle nebeneinander angeordneten  
Interdigitalwandlern mit jeweils der doppelten Wandlerfläche  
10 ersetzt ist. Die Interdigitalwandler weisen hier die gleiche Apertur wie die in Figur 20 auf. Die gesamte Anordnung weist nun vier akustische Spuren auf, wobei alle Interdigital-  
wandler innerhalb einer Spur akustisch gekoppelt sind. Die  
Anordnung besitzt die gleichen Filtereigenschaften wie die in  
15 Figur 20 dargestellte, kann diese daher in einem Filter ersetzen, weist aber demgegenüber wegen der vierfachen Wandlerfläche die vierfache Leistungsfestigkeit auf.

In einer Variation sind nur die Interdigitalwandler jeweils  
20 eines Typs (seriell IS oder parallel IP) pro Spur miteinander gekoppelt.

Obwohl die Erfindung der Übersichtlichkeit halber nur anhand weniger Ausführungsbeispiele erläutert und dargestellt werden  
25 konnte, ist die Erfindung nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt. Variationsmöglichkeiten ergeben sich insbesondere durch Kombination der dargestellten Ausführungsformen und durch Kombination der Verschaltungsanordnungen mit unterschiedlichen Übergängen zwischen akustisch  
30 gekoppelten Interdigitalwandlern. Nicht dargestellt wurden insbesondere akustisch gekoppelte Interdigitalwandler mit unterschiedlicher Fingerperiode, unterschiedlichen Metallisierungsverhältnissen, gewichtete Interdigitalwandler, Interdigitalwandler mit variierender Fingerperiode und gekoppelte  
35 Interdigitalwandler mit unterschiedlicher Anzahl von Elektrodenfingern sowie verschiedene Varianten von Reflektoren zwischen akustisch gekoppelten Wandlern.

## Patentansprüche

1. Mit oberflächennahen akustischen Wellen arbeitendes Bauelement mit den Merkmalen
- 5     - auf der Oberfläche eines piezoelektrischen Substrats sind zumindest drei Interdigitalwandler angeordnet, die jeweils mit einem ersten und einem zweiten elektrischen Anschluß versehen und über diese Anschlüsse elektrisch miteinander verschaltet sind, wobei die
- 10    Interdigitalwandler ausgewählt sind aus seriellen und parallelen Interdigitalwandlern (IS,IP),
- in mindestens einem als Signalpfad dienenden seriellen Zweig, der den Eingang und den Ausgang des Bauelements verbindet und in dem alle darin enthaltenen Elemente
- 15    elektrisch in Serie geschaltet sind, ist zumindest ein serieller Interdigitalwandler (IS1, IS2) angeordnet
- zumindest ein paralleler Zweig, in dem ein paralleler Interdigitalwandler (IP) angeordnet ist, ist parallel dazu gegen ein Bezugspotential geschaltet,
- 20    - zumindest einer der seriellen oder parallelen Interdigitalwandler (IS,IP) ist mit einem weiteren Interdigitalwandler in Ausbreitungsrichtung der akustischen Welle hintereinander so angeordnet, daß die beiden Interdigitalwandler akustisch miteinander
- 25    gekoppelt sind, wobei sich die miteinander koppelnenden Wandler durch zumindest eines der folgenden Merkmale voneinander unterscheiden:
- a) die Interdigitalwandler weisen unterschiedliche Apertur auf
- 30       b) die Interdigitalwandler weisen einen unterschiedlichen Pitch auf
- c) die Interdigitalwandler gehören unterschiedlichen Zweigen des Bauelements an
- d) von den Interdigitalwandlern ist zumindest einer
- 35       im seriellen Zweig angeordnet und die Wandler sind elektrisch nicht direkt miteinander verbunden

31

- e) die Interdigitalwandler weisen unterschiedliche Anzahl von interdigitalen Elektrodenfingern auf
- f) die Interdigitalwandler weisen eine unterschiedliche Metallisierungstärke auf
- 5 g) die Interdigitalwandler sind gewichtet und weisen eine unterschiedliche Wichtung auf.

2. Bauelement nach Anspruch 1,  
bei dem die beiden gekoppelten Interdigitalwandler in einem  
10 seriellen Zweig angeordnet sind.

3. Bauelement nach Anspruch 1 oder 2,  
bei dem zwischen den beiden Interdigitalwandlern eine  
metallisierte Laufstrecke oder eine Reflektorstruktur  
15 angeordnet ist.

4. Bauelement nach Anspruch 2,  
bei dem die beiden gekoppelten Interdigitalwandler im selben  
seriellen Zweig angeordnet sind, und bei dem die beiden  
20 einander benachbarten endständigen Elektrodenfinger der  
gekoppelten Interdigitalwandler jeweils mit denjenigen  
Stromschienen der Interdigitalwandler verbunden sind, die  
zueinander den geringsten Potentialunterschied aufweisen.

25 5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
bei dem zumindest zwei im seriellen Zweig in der Verschaltung  
hintereinander folgende serielle Interdigitalwandler quer zur  
Ausbreitungsrichtung der akustischen Oberflächenwelle  
nebeneinander angeordnet sind und so eine Kaskade bilden, und  
30 bei dem einer dieser Interdigitalwandler akustisch mit einem  
weiteren Interdigitalwandler gekoppelt ist.

6. Bauelement nach Anspruch 5,  
bei dem zwei miteinander gekoppelte Interdigitalwandler in  
35 ein und derselben Kaskade angeordnet sind.

7. Bauelement nach Anspruch 6,



bei dem mehrere Interdigitalwandler einer Kaskade mit einer entsprechenden Anzahl von in einer anderen Kaskade angeordneten weiteren Interdigitalwandlern akustisch gekoppelt sind.

5

8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem zumindest drei nebeneinander angeordnete serielle Interdigitalwandler Teil einer Kaskade sind, bei dem die drei Interdigitalwandler akustisch gekoppelt sind  
10 bei dem die beiden äußeren Interdigitalwandler parallel zueinander und jeweils in Serie zum mittleren Interdigitalwandler verschaltet sind.

9. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
15 bei dem zwei serielle Interdigitalwandler miteinander gekoppelt sind, die in der Serienschaltung nicht unmittelbar hintereinander angeordnet sind und zwischen denen in der Verschaltung im seriellen Zweig zumindest ein weiterer akustisch nicht gekoppelter Interdigitalwandler angeordnet  
20 ist.

10. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die zwei akustisch gekoppelten Interdigitalwandler (IS1, IS2; IP1, IP2) durch einen akustisch durchlässigen  
25 Zwischenreflektor (ZR) voneinander getrennt sind, der eine Anzahl von n Reflektorstreifen aufweist, wobei n eine positive natürliche Zahl ist mit  $1 \leq n \leq 100$ .

11. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
30 - bei dem zumindest zwei serielle Interdigitalwandler (IS1, IS2) vorgesehen und akustisch miteinander gekoppelt sind  
- bei dem zumindest zwei parallele Zweige mit je einem parallelen Interdigitalwandler (IP1, IP2) vorgesehen sind,  
35 wobei die beiden parallelen Interdigitalwandler akustisch gekoppelt sind.

- 12.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
bei dem zwei parallele Interdigitalwandler (IP) vorgesehen  
sind, die Teil eines DMS Filters sind.
- 5 13.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
bei dem im seriellen Zweig eine DMS Struktur angeordnet ist,  
die mit mindestens einem seriellen Interdigitalwandler (IS)  
akustisch gekoppelt ist.
- 10 14.Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
bei dem alle seriellen Interdigitalwandler (IS) in einer  
gemeinsamen seriellen Spur (S) und alle parallelen  
Interdigitalwandler (IP) in einer gemeinsamen parallelen Spur  
(P) angeordnet sind.
- 15 15.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
bei dem die Apertur der parallelen Spur (P) größer ist als  
die der seriellen Spur (S).
- 20 16.Bauelement nach Anspruch 15,  
bei dem die Apertur der seriellen Spur (S) zumindest  $15\lambda$   
groß ist, wobei  $\lambda$  die akustische Wellenlänge bei  
Mittenfrequenz des Bauelements ist.
- 25 17.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16,  
bei dem die zwei akustisch miteinander gekoppelten  
Interdigitalwandler die gleiche Fingerperiode aufweisen, aber  
gegeneinander um einen Betrag  $\Delta x$  gegeneinander verschoben  
sind, mit  $-0,25 < \Delta x/\lambda < 0,25$ , wobei  $\lambda$  die akustische  
30 Wellenlänge bei Mittenfrequenz des Bauelements ist.
- 18.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 17,  
bei dem die Fingerperiode der parallelen Interdigitalwandler  
(IP) größer ist, als die der seriellen Interdigitalwandler  
35 (IS).
- 19.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 18,

34

bei dem seriell zu den seriellen Interdigitalwandlern (IS) weitere Elemente geschaltet sind, ausgewählt aus Eintorresonatoren und DMS Spuren.

- 5 20.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 19,  
bei dem seriell zu den parallelen Interdigitalwandlern (IP)  
weitere Elemente geschaltet sind, ausgewählt aus  
Eintorresonatoren und DMS Spuren.
- 10 21.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 20,  
bei dem zumindest ein Teil der elektrischen Verbindungen  
zwischen den Interdigitalwandlern (IS,IP) oder zwischen den  
Interdigitalwandlern und Ein- oder Ausgang oder zwischen den  
Interdigitalwandlern (IS,IP) und der elektrischen Masse als  
15 diskrete Elemente realisiert sind, ausgewählt aus  
Kondensatoren, Verzögerungsleitungen, Widerständen,  
Induktivitäten, Bonddrähten, Bumps oder anderen geeigneten  
Elementen.
- 20 22.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 21,  
bei dem innerhalb eines Interdigitalwandlers (IP,IS) oder  
eines Reflektors (RS,RP) die Fingerperiode über die Länge des  
Interdigitalwandlers oder Reflektors gesehen variiert.
- 25 23.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 21,  
bei dem innerhalb eines Interdigitalwandlers (IP,IS) oder  
eines Reflektors (RS,RP) das Metallisierungsverhältnis über  
die Länge des Interdigitalwandlers oder Reflektors gesehen  
variiert.
- 30 24.Bauelement nach einem der Ansprüche 22 oder 23,  
bei dem die konkreten Werte für Metallisierungsverhältnis  
oder Fingerperiode maximal +/- 3% um einen mittleren Wert  
schwanken.
- 35 25.Bauelement nach einem der Ansprüche 22 bis 24,

35

bei dem die konkreten Werte für Metallisierungsverhältnis  
oder Fingerperiode über die Länge des Interdigitalwandlers  
(IP,IS) oder eines Reflektors (RS,RP) gesehen den konkreten  
Werten einer periodisch abgetasteten stetigen Funktion  
5 entsprechen.

26.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 25,  
bei dem zwischen zwei innerhalb einer akustischen Spur  
benachbarten Elementen, ausgewählt aus Interdigitalwandler  
10 und Reflektor, eine Phasenverschiebung besteht oder eine  
unterschiedliche Fingerperiode eingestellt ist, wobei der  
Übergang zwischen den beiden Elementen quasiperiodisch ist.

27.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 26,  
15 bei dem die Anschlußfolge der Elektrodenfinger an einem  
Interdigitalwandler (IP,IS) nicht regelmäßig alternierend ist  
und der Interdigitalwandler eine Weglasswichtung aufweist.

28.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 27,  
20 bei dem die Position der transversalen Gaps in einem Typ von  
Interdigitalwandlern (IP,IS) über die Länge des  
Interdigitalwandlers gesehen variiert.

29.Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche ,  
25 bei dem die Größe der transversalen Gaps in einem Typ von  
Interdigitalwandlern (IP,IS) über die Länge des  
Interdigitalwandlers gesehen variiert.

30.Bauelement nach einem der Ansprüche 28 oder 29,  
30 bei dem für die Höhe  $g$  der transversalen Gaps gilt:  $g \leq \lambda/4$ .

31.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 30,  
bei dem die Interdigitalwandler (IP,IS) jeweils Resonatoren  
angehören, die jeweils eine Resonanzfrequenz und eine  
35 Antiresonanzfrequenz aufweisen, wobei die Resonanzfrequenz  
der seriellen Interdigitalwandler (IS) im Bereich der

36

Antiresonanzfrequenz der parallelen Interdigitalwandler (IP) oder wenig darüber liegt.

32.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 31,  
5 bei dem die seriellen Interdigitalwandler (IS) gegeneinander verstimmt sind.

33.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 32,  
bei dem innerhalb einer akustischen Spur alle Aperturen oder  
10 Überlappungen der Elektrodenfinger gleich sind.

34.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 33,  
bei dem die parallelen Interdigitalwandler (IP) gegeneinander  
verstimmt sind.

15 35. Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
mit einem piezoelektrischen Substrat, das eine durch  
geeigneten Schnittwinkel an Kristallachsen ausgerichtete  
Oberfläche aufweist, die für niedrige Verluste bei  
20 Oberflächenwellen, Raleighwellen, Scherwellen, Leckwellen,  
BGS-Wellen oder HVPSAW bekannt ist.

36.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 35,  
bei dem das piezoelektrische Substrat eines der Materialien  
25  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$ , Quarz, Langasit, Langatit,  $\text{GaBO}_4$ ,  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ,  
Langanit,  $\text{KNbO}_3$  oder GaAs umfaßt.

37.Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
bei dem das piezoelektrische Substrat einen piezoelektrischen  
30 Film umfaßt, der auf einem Trägersubstrat aufgebracht ist.

38.Bauelement nach Anspruch 37,  
bei dem der piezoelektrische Film  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$ , AlN, ZnO  
oder GaAs umfaßt.

35 39.Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,

- bei dem die Interdigitalwandler (IP,IS), die Reflektoren (RS,RP) und die sie in der Verschaltung verbindenden leitfähigen Strukturen als metallische Strukturen ausgebildet sind und aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung oder
- 5 Mehrschichtstrukturen bestehen, wobei die Einzelschichten der Mehrschichtstruktur eine oder mehrere Schichten aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung oder weiteren Metallen wie Cu, Zr, Mg, Ti oder Sc umfassen.
- 10 40.Bauelement nach Anspruch 39,  
bei dem die Schichtdicken  $h$  der metallischen Strukturen im Bereich von  $1\% < h/\lambda < 15\%$  ausgewählt sind.
- 41.Bauelement nach Anspruch 39 oder 40,
- 15 bei dem über den metallischen Strukturen Passivierungsschichten vorgesehen sind.
- 42.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 41,  
bei dem das Bezugspotential, gegen das der zumindest eine
- 20 parallele Zweig geschaltet ist, ein frei floatendes inneres Bezugspotential ist.

1/8

FIG 1

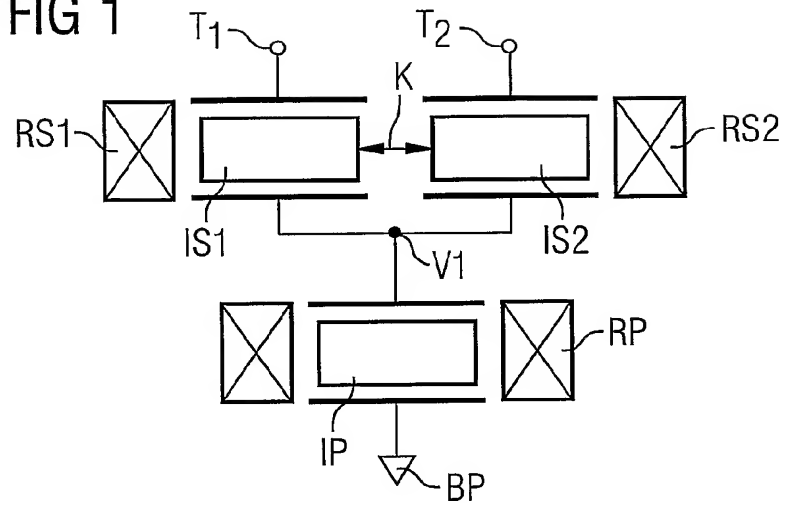


FIG 2

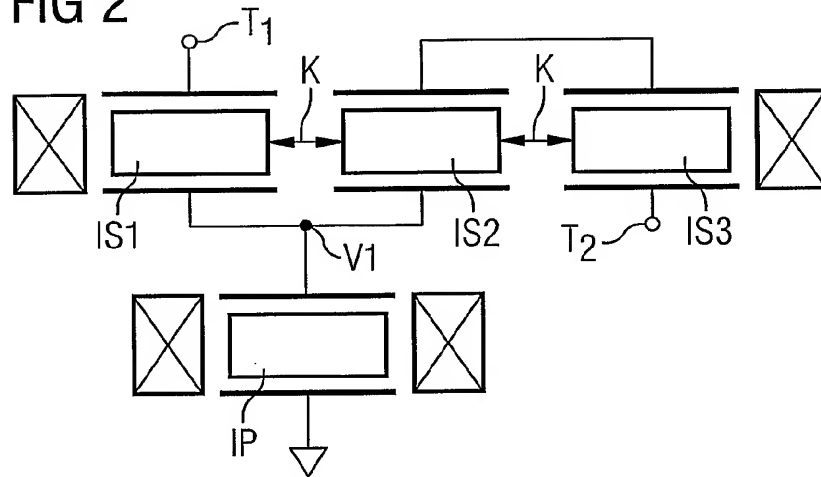


FIG 3

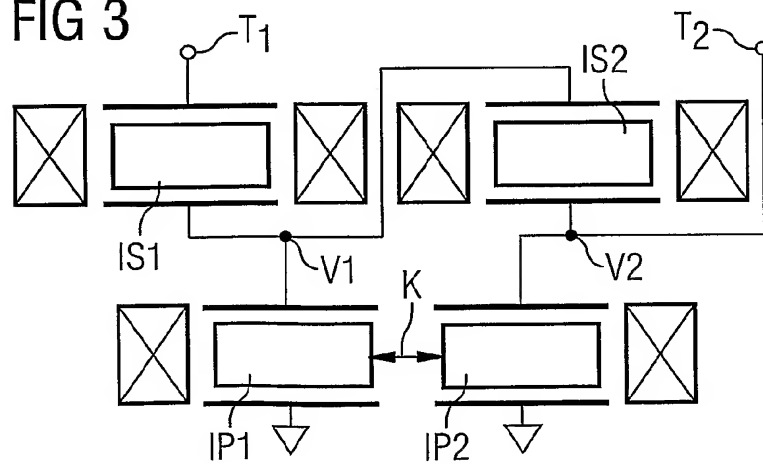


FIG 4

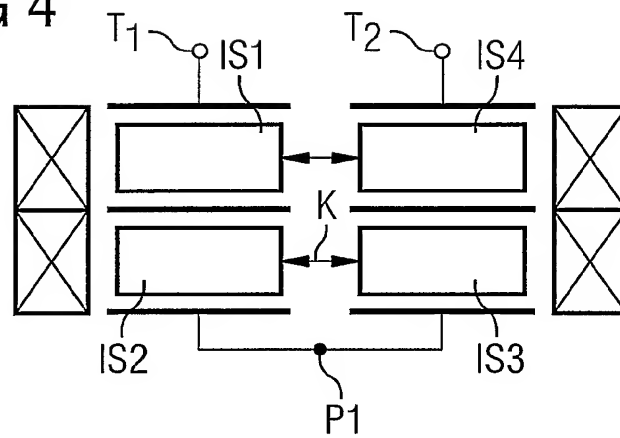


FIG 5

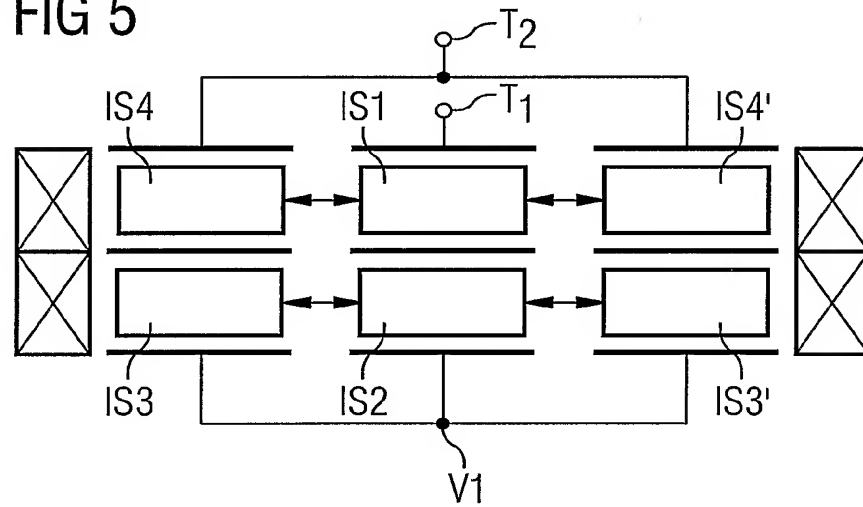
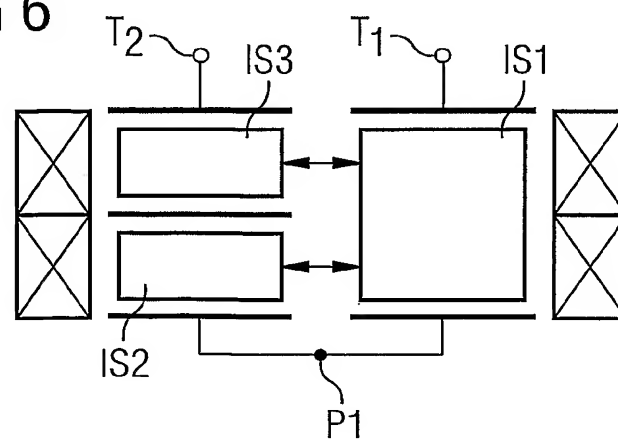


FIG 6





3/8

FIG 7

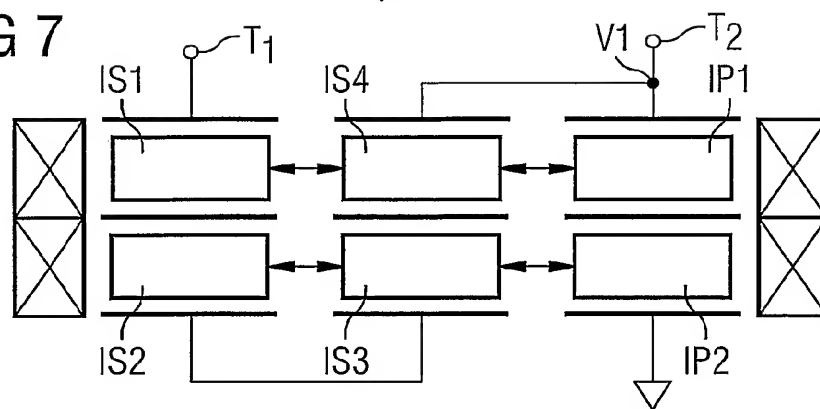


FIG 8

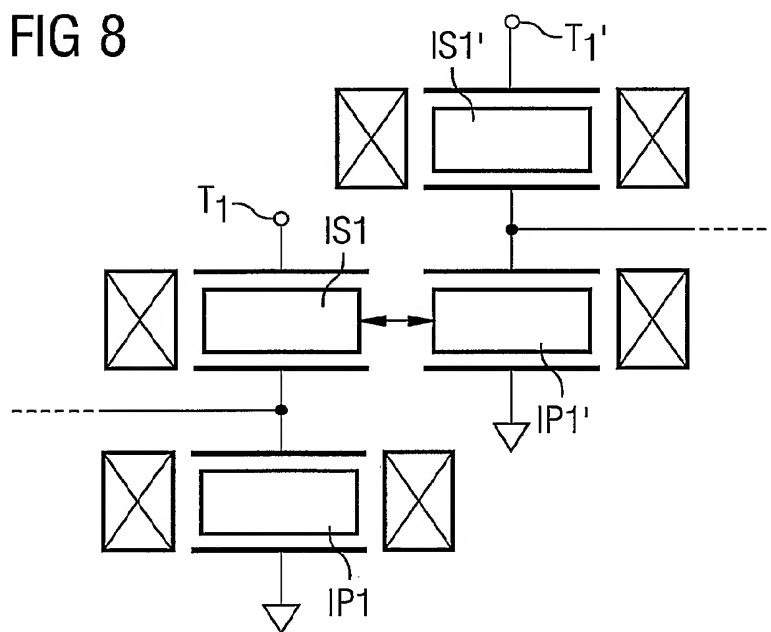


FIG 9

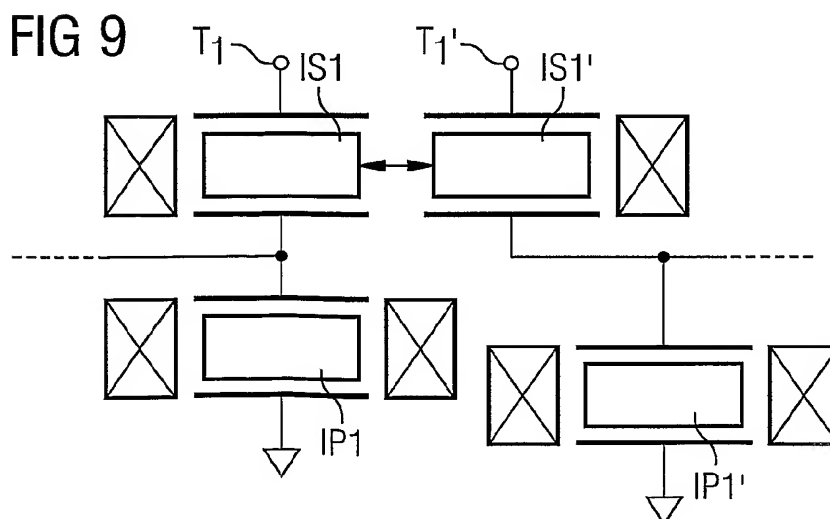


FIG 10

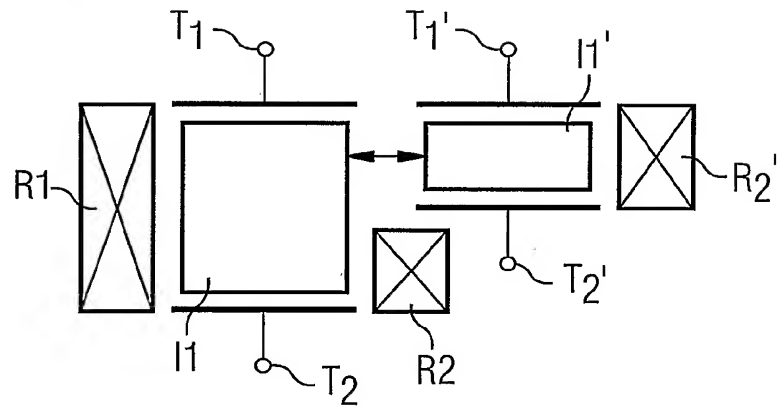


FIG 11

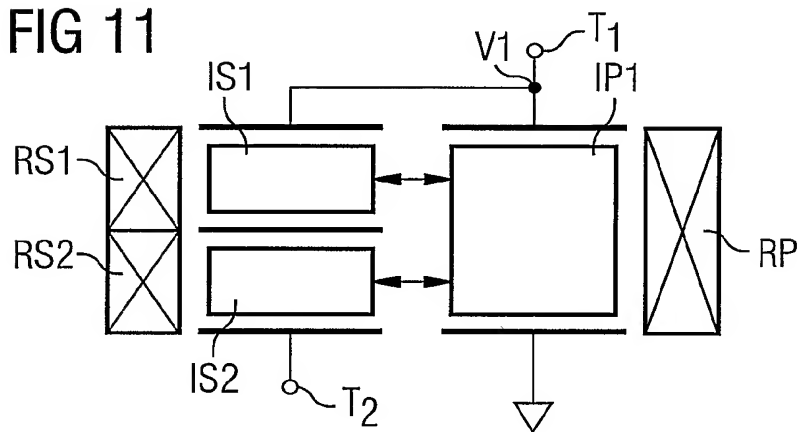


FIG 12

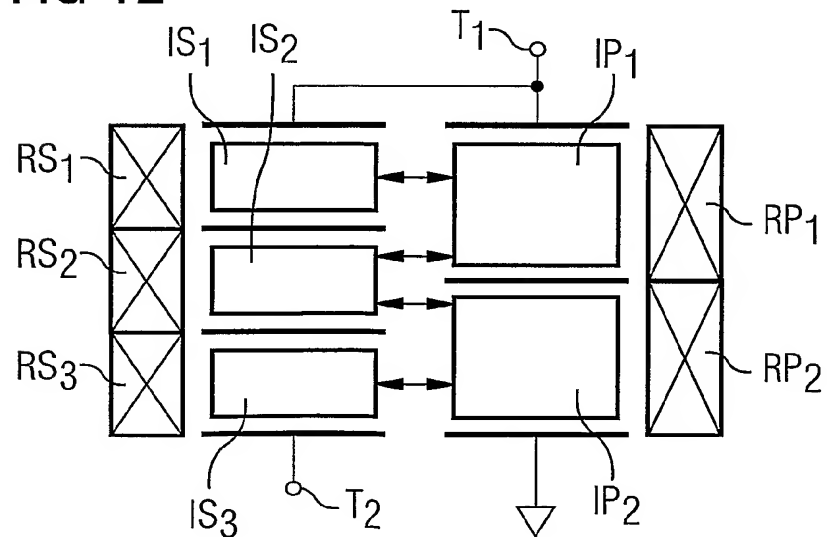


FIG 13A

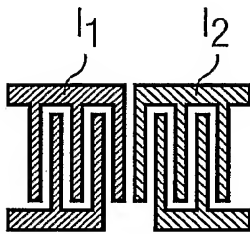


FIG 13B

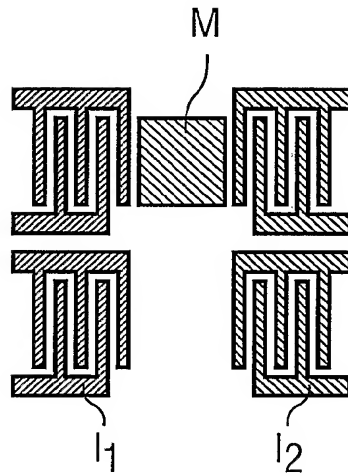


FIG 13C

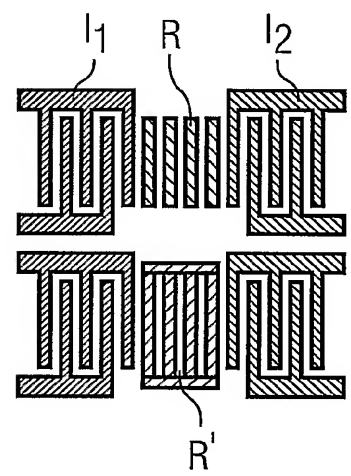


FIG 14

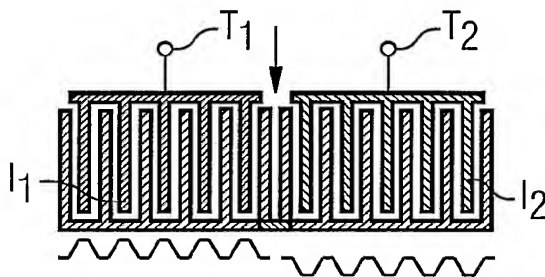


FIG 15

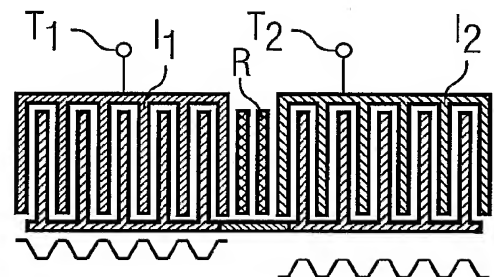


FIG 16

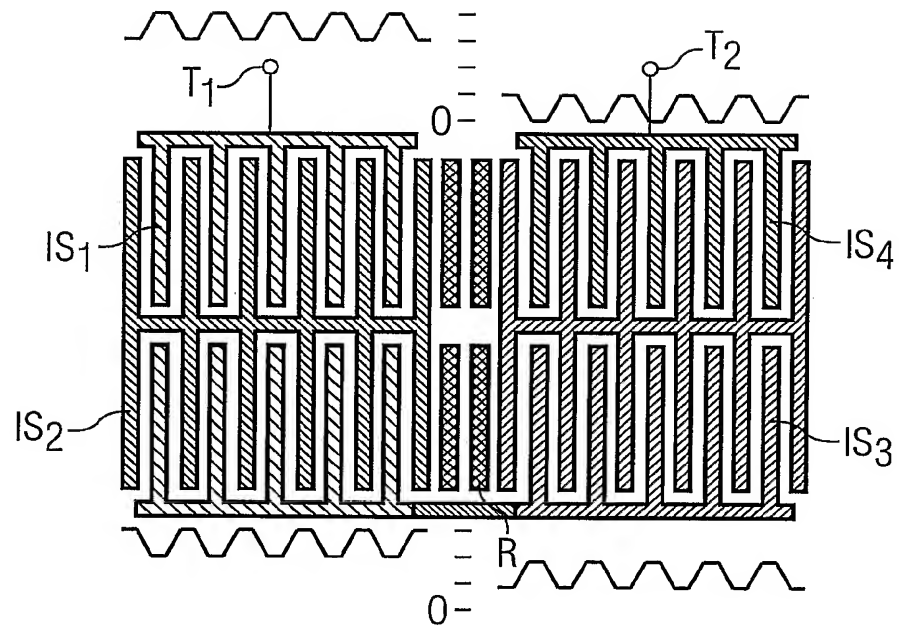


FIG 17

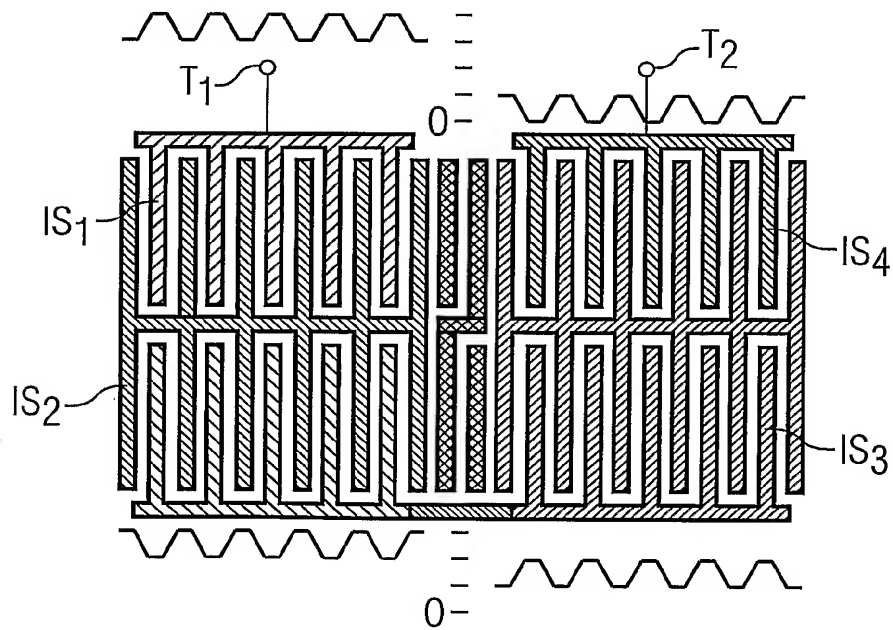


FIG 18

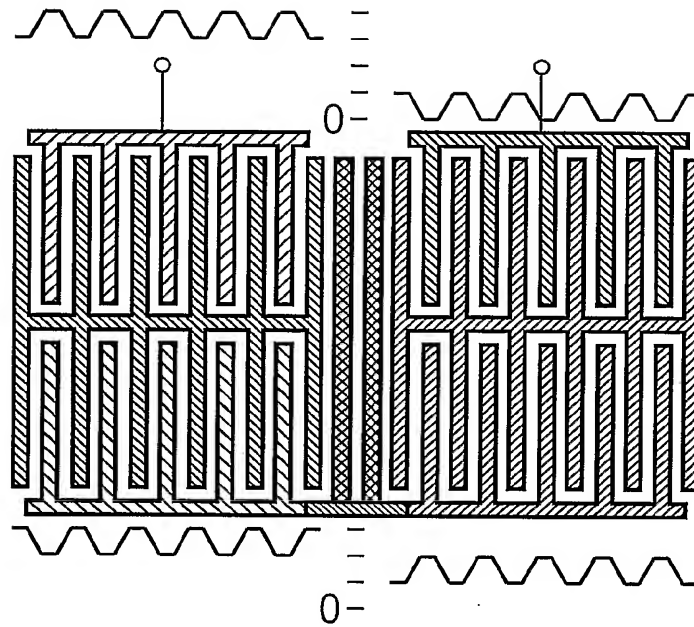


FIG 19A

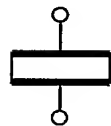


FIG 19B

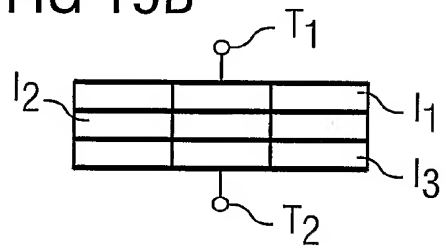


FIG 19C

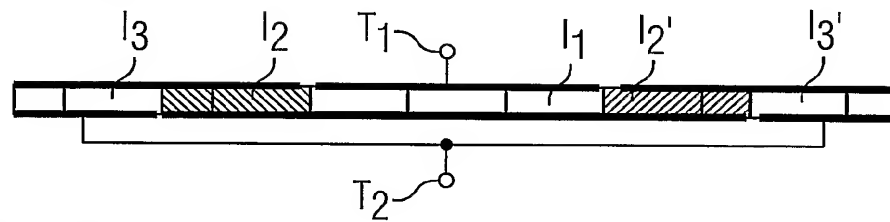


FIG 19D

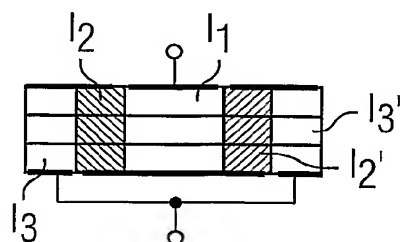


FIG 20

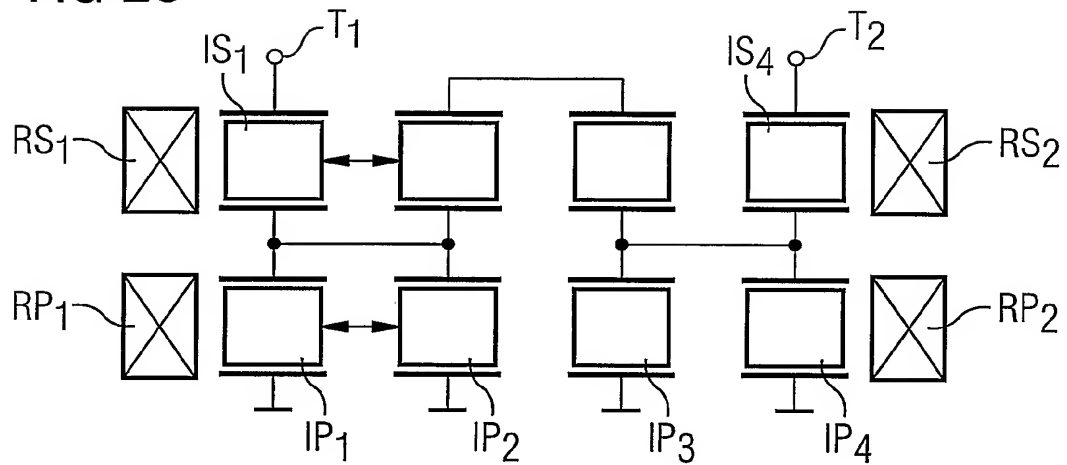
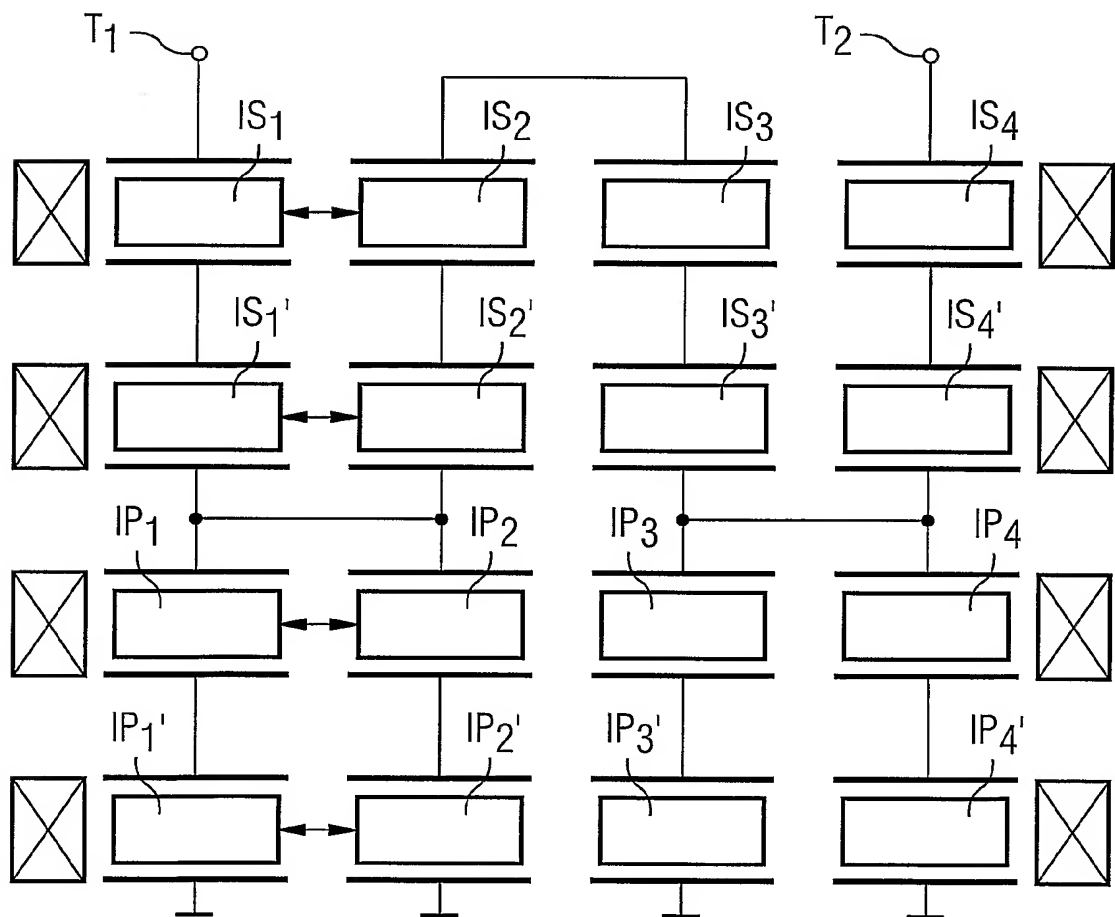


FIG 21



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/00980

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H03H9/64

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 499 003 A (DAVENPORT ROGER A) 12 March 1996 (1996-03-12) column 2, line 35 -column 3, line 27 ---	1-42
P,A	EP 1 246 359 A (MURATA MANUFACTURING CO) 2 October 2002 (2002-10-02) column 2, line 9 -column 3, line 32 ---	1-42
P,A	EP 1 280 274 A (MURATA MANUFACTURING CO) 29 January 2003 (2003-01-29) column 3, line 1 -column 4, line 31 ---	1-42
A	WO 01 65687 A (EPCOS AG ;BERGMANN ANDREAS (DE)) 7 September 2001 (2001-09-07) page 7, line 12 -page 8, line 2 -----	1-42

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 July 2003

Date of mailing of the international search report

09.09.2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

ANNA FLODMAN/MN

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/00980

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5499003	A	12-03-1996	NONE	
EP 1246359	A	02-10-2002	JP 2002353772 A CN 1378339 A EP 1246359 A2	06-12-2002 06-11-2002 02-10-2002
EP 1280274	A	29-01-2003	JP 2003046369 A CN 1400735 A EP 1280274 A2 US 2003025576 A1	14-02-2003 05-03-2003 29-01-2003 06-02-2003
WO 0165687	A	07-09-2001	DE 10009517 A1 WO 0165687 A1 EP 1266449 A1 US 2003122449 A1	30-08-2001 07-09-2001 18-12-2002 03-07-2003



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/00980

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H03H9/64

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 499 003 A (DAVENPORT ROGER A) 12. März 1996 (1996-03-12) Spalte 2, Zeile 35 -Spalte 3, Zeile 27 ---	1-42
P,A	EP 1 246 359 A (MURATA MANUFACTURING CO) 2. Oktober 2002 (2002-10-02) Spalte 2, Zeile 9 -Spalte 3, Zeile 32 ---	1-42
P,A	EP 1 280 274 A (MURATA MANUFACTURING CO) 29. Januar 2003 (2003-01-29) Spalte 3, Zeile 1 -Spalte 4, Zeile 31 ---	1-42
A	WO 01 65687 A (EPCOS AG ;BERGMANN ANDREAS (DE)) 7. September 2001 (2001-09-07) Seite 7, Zeile 12 -Seite 8, Zeile 2 -----	1-42

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Juli 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09. 09. 2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

ANNA FLODMAN/MN

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/00980

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5499003	A	12-03-1996	KEINE		
-----					
EP 1246359	A	02-10-2002	JP	2002353772 A	06-12-2002
			CN	1378339 A	06-11-2002
			EP	1246359 A2	02-10-2002
-----					
EP 1280274	A	29-01-2003	JP	2003046369 A	14-02-2003
			CN	1400735 A	05-03-2003
			EP	1280274 A2	29-01-2003
			US	2003025576 A1	06-02-2003
-----					
WO 0165687	A	07-09-2001	DE	10009517 A1	30-08-2001
			WO	0165687 A1	07-09-2001
			EP	1266449 A1	18-12-2002
			US	2003122449 A1	03-07-2003
-----					